

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 878**

51 Int. Cl.:

B23H 3/10 (2006.01)

B23H 9/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2016** **E 16000951 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019** **EP 3088115**

54 Título: **Procedimiento para producir una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

27.04.2015 DE 102015106432

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

26.11.2019

73 Titular/es:

**GRAMM TECHNIK GMBH (100.0%)
Einsteinstrasse 4
71254 Ditzingen-Heimerdingen, DE**

72 Inventor/es:

GRAMM, GERHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 732 878 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 para producir una pieza de trabajo

La invención se refiere a un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1.

El documento DIN 8590 diferencia entre remoción térmica, química y electroquímica de material.

- 5 La remoción electroquímica de material, también designada como ECM (Electro Chemical Machining - Mecanizado Electroquímico), consiste en un procedimiento de fabricación por remoción de material, en particular para materiales muy duros. La remoción electroquímica de material asignada a la separación es adecuada desde para trabajos de desbarbado sencillos hasta para la fabricación de formas espaciales complicadas.

- 10 El PECM (Pulsed Electrochemical Machining - Mecanizado Electroquímico Pulsado) y el PEM (Precise Electrochemical Machining - Mecanizado Electroquímico Preciso) son perfeccionamientos del ECM, posibilitando el segundo una precisión del orden de micrómetros y, por lo tanto, microprocesamientos.

En adelante, para simplificar, no se hará diferencia entre ECM, PECM y PEM y en lugar de ello se utilizará de forma unificada el concepto remoción electroquímica de material en representación de las tres configuraciones, a no ser que se mencione explícitamente otra cosa.

- 15 La remoción electroquímica de material tiene lugar sin contacto mecánico entre la herramienta y la pieza de trabajo. Por lo tanto, no se transmite ninguna fuerza mecánica y algunas propiedades del material, como la dureza o la tenacidad, no influyen en el proceso. Sin embargo, sí son importantes propiedades como el punto de fusión y la conductividad térmica y eléctrica de la materia prima.

- 20 La pieza de trabajo se polariza positivamente como ánodo y la herramienta negativamente como cátodo. En la mayoría de los casos de aplicación, una fuente de tensión externa sirve para generar el flujo de corriente necesario para la remoción electroquímica de material.

En aplicaciones especiales, como en la metalografía para visibilizar la estructura, se recurre a la corrosión electroquímica, en la que una diferencia de potencial por ejemplo en la microárea formada por elementos locales sirve como fuente de tensión interna para lograr la remoción de material deseada.

- 25 La forma de la herramienta polarizada como cátodo determina la forma de la pieza de trabajo. Por ello, en el caso de la remoción electroquímica de material se trata de un procedimiento de reproducción. El proceso requiere que en la herramienta no se produzca ningún desgaste. Entre la herramienta y la pieza de trabajo se ha de ajustar un intersticio en función de los parámetros eléctricos y de las condiciones de flujo del electrolito. El intersticio tiene una anchura de 0,05 a 1 mm.

- 30 Una solución electrolítica, como por ejemplo una solución acuosa de cloruro de sodio (NaCl, solución de sal común) o de citrato de sodio (NaNO₃) realiza el transporte de carga en el intersticio de trabajo. El flujo de electrones formado desprende iones metálicos de la pieza de trabajo. Los iones metálicos desprendidos experimentan después reacciones en el ánodo con partes del electrolito dividido. En el cátodo, el resto de electrolito reacciona con agua. Como producto final resulta un hidróxido metálico, que se deposita como lodo y que ha de ser retirado.

- 35 Dado que el intersticio entre el ánodo y el cátodo depende de condiciones eléctricas y mecánicas de corriente, resulta difícil calcular previamente la forma del cátodo.

- 40 Los acabados superficiales que se pueden lograr son de alrededor de Rz = 3 µm a 10 µm. No hay influencia en las zonas marginales. Por lo tanto, la remoción electroquímica de material constituye el único procedimiento de separación sin influencia en las zonas marginales. La remoción de material específica es de 1 - 2,5 mm³/A.min. La velocidad de bajada es variable y oscila entre 0 y 20 mm/min.

El electrolito se puede preparar por centrifugación para separar los hidróxidos metálicos de la solución electrolítica. El lodo producido se seca adicionalmente con filtros prensa para desecharlo después como residuo peligroso.

- 45 Ya se conoce la remoción electroquímica de material de una materia prima de metal mediante un líquido conductor eléctrico, designado de forma abreviada como electrolito, en un sistema abierto bajo alta presión. En este contexto, en un circuito eléctrico que sirve para la remoción electroquímica de material, la materia prima se conecta polarizada como ánodo y un electrodo que sirve como herramienta se conecta polarizado como cátodo.

Por el documento DE 30 30 664 A1 se conoce la remoción de material de una materia prima polarizada como electrodo por medio de una reacción electroquímica.

- 50 Por el documento DE 31 25 565 A1 se conoce una remoción electroquímica, galvánica o electrolítica de revestimientos metálicos de sustratos conductores.

- 5 Por el documento DE 10 2012 110 016 A1 se conoce un procedimiento para la producción de al menos una concavidad con un rebaje en un cuerpo conductor eléctrico. En este proceso, un electrodo en forma de plaquita se mueve en dicho cuerpo. Durante el movimiento del electrodo en una primera sección de movimiento se produce una primera remoción electroquímica de material del cuerpo, teniendo lugar la remoción esencialmente hasta una primera distancia alrededor del electrodo mediante aportación de una corriente con una primera intensidad de corriente. A continuación, durante el movimiento del electrodo en una segunda sección de movimiento diferente de la primera se produce una segunda remoción electroquímica de material del cuerpo, teniendo lugar la segunda remoción esencialmente en una segunda distancia alrededor del electrodo, mayor que la primera, mediante aportación de una corriente con una segunda intensidad de corriente mayor que la primera.
- 10 Por el documento DE 10 2011 122 523 A1 se conoce un electrodo para la remoción electroquímica de material. El electrodo incluye un cuerpo de electrodo en el que están dispuestas estructuras conductoras de la electricidad, que están separadas entre sí en cada caso por una capa aislante eléctrica. El cuerpo de electrodo consiste en al menos dos componentes conductores eléctricos, entre los que está dispuesto un componente aislante eléctrico.
- 15 Por el documento DE 100 28 675 A1 se conoce el procedimiento consistente en prescindir de una cámara de presión para la remoción electroquímica de material de una pieza de trabajo que presenta una cavidad central que ha de ser tratada mediante remoción electroquímica de material, bajo la condición de que se establezca una presión negativa en la cavidad central o en una cavidad formada entre la pieza de trabajo y la cubierta, y que la pieza de trabajo esté rodeada de aire. En este contexto, la presión negativa se puede establecer mediante aspiración de aire de la cavidad o mediante aspiración de electrolito del conducto de descarga.
- 20 Por el documento DE 22 34 424 A se conoce, para el tratamiento electroquímico continuo de una cinta metálica en el que la cinta metálica se conduce en un plano horizontal a través de un electrolito que se encuentra en un espacio de tratamiento, el procedimiento consistente en evitar la salida del electrolito por las aberturas de entrada y de salida para la cinta metálica mediante la generación de una presión negativa sobre la superficie del electrolito.
- 25 Por el documento DE 10 2006 034 277 A1 se conoce, para el tratamiento superficial electroquímico de una pieza de trabajo, el procedimiento consistente en prever un espacio de tratamiento configurado entre la pieza de trabajo y una envoltura que rodea la misma al menos parcialmente. La envoltura que aloja al menos una parte de la pieza de trabajo es complementaria al menos a una sección transversal de la pieza de trabajo, siendo las dimensiones interiores de la envoltura ligeramente más grandes, por igual en todas las direcciones, que las dimensiones exteriores de la sección transversal correspondiente de la pieza de trabajo. En el espacio de tratamiento puede reinar una presión negativa con respecto al entorno durante el tratamiento superficial de la pieza de trabajo.
- 30 Por el documento DE 10 2007 049 495 A1 se conoce, en la remoción electroquímica de material de una pieza de trabajo en un espacio de tratamiento, el procedimiento consistente en retirar por filtrado la materia en suspensión que ha llegado al electrolito, antes de conducir el electrolito de nuevo al espacio de tratamiento.
- 35 Por el documento US 3,547,798 se conoce un procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima. El procedimiento prevé una configuración de un espacio de reactor entre una superficie de la materia prima configurada hasta ese momento, una vaina de reactor en forma de cilindro hueco y una herramienta dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina de reactor. Una herramienta dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina de reactor se guía durante la remoción electroquímica de material a una distancia constante con respecto a la superficie de la materia prima que va retrocediendo a medida que avanza la remoción electroquímica de material.
- 40 Por el documento US 3,254,013 se conoce un dispositivo para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima y un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1. El dispositivo incluye una herramienta con una salida de electrolito central, que presenta una punta de procesamiento en su lado orientado hacia la materia prima que ha de ser tratada. El dispositivo incluye una vaina de reactor en forma de cilindro hueco, dentro de la cual está dispuesta la herramienta guiada de forma relativamente móvil manteniendo una distancia constante frente a una superficie de la materia prima configurada hasta ese momento. El dispositivo incluye además un espacio de reactor configurado entre la vaina de reactor, la herramienta y la materia prima, con una abertura de entrada y una abertura de salida. Un electrolito entra a presión en el espacio de reactor a través de la abertura de entrada, y sale del espacio de reactor a través de la abertura de salida.
- 45 Por el documento US 3,254,013 se conoce un dispositivo para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima y un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1. El dispositivo incluye una herramienta con una salida de electrolito central, que presenta una punta de procesamiento en su lado orientado hacia la materia prima que ha de ser tratada. El dispositivo incluye una vaina de reactor en forma de cilindro hueco, dentro de la cual está dispuesta la herramienta guiada de forma relativamente móvil manteniendo una distancia constante frente a una superficie de la materia prima configurada hasta ese momento. El dispositivo incluye además un espacio de reactor configurado entre la vaina de reactor, la herramienta y la materia prima, con una abertura de entrada y una abertura de salida. Un electrolito entra a presión en el espacio de reactor a través de la abertura de entrada, y sale del espacio de reactor a través de la abertura de salida.
- 50 Para poder prescindir de una cámara de presión en relación con un procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima, por el documento WO 01/38030 A1 se conoce el procedimiento consistente en establecer una presión negativa en una cavidad de la pieza de trabajo o en una cavidad formada entre la pieza de trabajo y una cubierta. La pieza de trabajo está rodeada de aire y la presión negativa se establece aspirando aire de la cavidad. No obstante, en la pieza de trabajo rodeada de aire, la presión negativa también se puede establecer aspirando electrolito del conducto de descarga, de modo que se crea una presión diferencial.
- 55 En relación con un procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima, por el documento CN 101 633 066 A se conoce el procedimiento consistente en aspirar mediante

una bomba de aspiración electrolito de un baño de electrolito abierto con respecto al entorno, y conducir el mismo a un depósito. Para sustituir la cantidad de electrolito retirada, mediante una bomba independiente, que transporta electrolito desde el depósito, se conduce electrolito de nuevo al baño de electrolito por encima del nivel de electrolito. Detrás de la bomba de aspiración y delante del depósito está dispuesto un separador de gas.

- 5 El objetivo de la invención consiste en desarrollar un procedimiento mejorado para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material, que presente una remoción de material mejorada junto con una mayor seguridad funcional, y que se pueda realizar de forma económica.

Este objetivo se resuelve con las características indicadas en la reivindicación independiente.

En las reivindicaciones subordinadas se describen otras configuraciones ventajosas.

- 10 Por consiguiente, la invención se refiere a un procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima, por ejemplo un producto semielaborado. El procedimiento prevé configurar un espacio de reactor entre una superficie de la materia prima configurada hasta ese momento, una vaina de reactor en forma de cilindro hueco, y una herramienta.

- 15 El procedimiento también prevé dotar a una cara de la herramienta orientada hacia la materia prima que ha de ser tratada, y situada frente a la superficie de la materia prima configurada hasta ese momento, de una forma negativa de la pieza de trabajo que ha de ser producida.

- 20 El procedimiento prevé además que, durante la remoción electroquímica de material, la herramienta dispuesta perpendicular a la superficie de la materia prima configurada hasta ese momento, por ejemplo de forma móvil en dirección vertical dentro de la vaina de reactor en forma de cilindro hueco, se mantenga guiada dentro de la vaina de reactor en forma de cilindro hueco a una distancia constante con respecto a la superficie de la materia prima que va retrocediendo a medida que avanza la remoción electroquímica de material.

- 25 El procedimiento también prevé barrer el espacio de reactor durante la remoción electroquímica de material. Para ello, el espacio de reactor presenta una abertura de entrada y una abertura de salida para ser atravesado por una corriente de electrolito durante la remoción electroquímica de material. Para ello, el espacio de reactor puede formar parte de un circuito cerrado, dentro del cual circula un electrolito durante la remoción electroquímica de material. Por lo tanto, el electrolito circula preferiblemente dentro de un circuito cerrado del que forma parte el espacio de reactor con su abertura de entrada y su abertura de salida.

El procedimiento prevé además que dentro del reactor reine una presión negativa con respecto al entorno fuera del espacio de reactor.

- 30 Preferiblemente, el procedimiento prevé que el electrolito circule en un circuito que incluye el espacio de reactor, circuito en el que tiene lugar un filtrado continuo del lodo que se forma en el electrolito con la remoción electroquímica de material, después de que el electrolito circulante haya abandonado el espacio de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio de reactor.

- 35 El procedimiento prevé además que en el circuito tenga lugar una separación de gas después de que el electrolito circulante haya abandonado el espacio de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio de reactor.

La presión negativa reinante en el espacio de reactor con respecto al entorno fuera del espacio de reactor se establece durante la separación de gas en el circuito mediante retirada de una fase de gas fuera del espacio de reactor.

- 40 Las medidas mencionadas sirven para mantener una remoción electroquímica de material mejorada junto con una mayor seguridad funcional y una mayor seguridad durante la manipulación y durante la estancia en las cercanías de las instalaciones y los dispositivos previstos para la remoción electroquímica de material. En este contexto, una ventaja especialmente destacable consiste en que las medidas mencionadas que sirven para lograr una remoción electroquímica de material mejorada se obtienen mediante dispositivos comunes, en concreto: un circuito que incluye el espacio de reactor, dentro del cual circula el electrolito, así como medidas para el filtrado, la separación de gas y la generación simultánea de presión negativa que han de ser aplicadas en las partes del circuito que no incluyen el espacio de reactor mediante dispositivos dispuestos en este lugar.

La invención se puede realizar por medio de un dispositivo para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima, por ejemplo un producto semielaborado, con:

- 50 - una herramienta, que presenta en su lado orientado hacia la materia prima que ha de ser tratada una forma negativa de la pieza de trabajo que ha de ser producida,
- una vaina de reactor en forma de cilindro hueco, dentro de la cual está dispuesta la herramienta guiada de forma relativamente móvil por ejemplo en dirección vertical manteniendo una distancia constante con respecto a una superficie de la materia prima configurada hasta ese momento,

- un espacio de reactor configurado entre la vaina de reactor en forma de cilindro hueco, la herramienta y la materia prima, con una abertura de entrada y una abertura de salida,

en donde:

- 5 - una corriente de electrolito entra en el espacio de reactor a través de la abertura de entrada y sale del espacio de reactor a través de la abertura de salida, y
- en el espacio de reactor reina una presión negativa con respecto al entorno fuera del espacio de reactor.

Una ventaja resultante de ello consiste en una mayor seguridad de proceso, ya que en caso de una avería, ya sea por una sacudida o por otra causa, en la que se produce una fuga del espacio de reactor, se evita que salga del espacio de reacción electrolito contaminante y desfavorable para la salud de las personas presentes.

- 10 Una ventaja adicional consiste en que, gracias a la circulación del electrolito, necesaria para la generación de la presión negativa en el espacio de reacción, que entra en el espacio de reactor a través de la abertura de entrada y que sale del espacio de reactor a través de la abertura de salida, se evita que en el espacio de reactor se deposite lodo que influye negativamente en la producción de la pieza de trabajo.

Otras ventajas con respecto al estado actual de la técnica son:

- 15 - una corriente uniforme,
- una evacuación continua mejorada de gas y partículas metálicas retiradas,
- una mayor seguridad en caso de diferentes aplicaciones químicas, y
- mediante un sistema de distribución adaptado sin depósito se pueden utilizar diferentes electrolitos y barridos, junto con una alta variabilidad de las posibilidades de uso del dispositivo.

- 20 Preferiblemente, el electrolito circula en un circuito cerrado, que está unido con el espacio de reactor a través de un conducto de alimentación conectado a la abertura de entrada y de un conducto de descarga conectado a la abertura de salida.

El circuito cerrado puede presentar un espacio de filtro, dispuesto entre el conducto de descarga y el conducto de alimentación visto en el sentido de circulación del electrolito, y/o un espacio de sedimentación para la separación del lodo producido durante la remoción electroquímica de material.

El circuito cerrado presenta un separador de gas dispuesto entre el conducto de descarga y el conducto de alimentación visto en el sentido de circulación del electrolito para separar gases producidos durante la remoción electroquímica de material.

- 30 Preferiblemente, la herramienta está hecha de aluminio. El aluminio no tratado forma una capa de óxido natural que actúa sobre las superficies restantes de la herramienta de forma aislante con respecto a la corriente eléctrica que fluye durante la remoción electroquímica de material. En comparación con las herramientas de acero, las herramientas de aluminio se pueden producir de forma especialmente económica.

Alternativamente, la herramienta puede estar hecha de titanio o de acero revestido.

- 35 El aluminio y el titanio son adecuados como material que conduce bien la electricidad, y además forman por oxidación una superficie de cerámica y/o anódica que no conduce la electricidad y/o que es altamente aislante. Además, el aluminio y el titanio son adecuados para el revestimiento con superficies en parte altamente conductoras que, como electrodos con polarización catódica para la remoción de material, se comportan de forma pasiva con respecto al acero y de este modo no absorben ninguna partícula.

El aluminio y el titanio previstos para la producción de herramientas se pueden producir:

- 40 - por extrusión,
- por fundición,
- por forja,
- por sinterización con láser,

y a continuación se pueden revestir.

- 45 Los revestimientos son preferiblemente de:
 - oro,

- plata,
- platino,
- paladio,
- cromo.

5 También es concebible realizar herramientas como electrodos inertes de cristales mixtos.

Las superficies de la herramienta que constituyen la forma negativa de la pieza de trabajo que ha de ser producida están configuradas de modo que conducen la electricidad.

10 Las superficies restantes de la herramienta pueden estar revestidas de modo que sean total o parcialmente aislantes eléctricas, por ejemplo anodizadas. Al menos la forma negativa de la herramienta configurada en el lado orientado hacia la materia prima que ha de ser tratada está revestida preferiblemente de modo que conduce la electricidad.

De forma especialmente preferible, la forma negativa de la herramienta configurada en el lado orientado hacia la materia prima que ha de ser tratada está revestida de oro. El oro repele el material retirado galvánicamente. De este modo, la forma negativa es invariable y mantiene las dimensiones.

15 La materia prima incluye o está hecha por ejemplo de acero y/o de acero al carbono y/o de acero austenítico y/o de una aleación a base de níquel.

Preferiblemente, dentro del espacio de reactor reina una presión de 200 mbar a 900 mbar, de forma especialmente preferible de 200 a 500 mbar, de modo que resulta una presión negativa correspondiente con respecto al entorno.

Tanto el dispositivo como el procedimiento permiten aprovechar todas las ventajas de la invención anteriormente descritas.

20 La invención se explica más detalladamente a continuación por medio de ejemplos de realización representados en los dibujos. Las proporciones de los elementos individuales entre sí en las figuras no han de corresponder siempre a las proporciones reales, ya que algunas formas pueden estar representadas de forma simplificada y otras formas pueden estar representadas ampliadas en relación con otros elementos para ilustrarlas mejor. Para los elementos de la invención iguales o que tienen el mismo efecto se utilizan símbolos de referencia idénticos. Además, para una mejor
25 vista de conjunto, en las figuras individuales solo se representan símbolos de referencia que son necesarios para la descripción de la figura respectiva. Las formas de realización representadas solo representan ejemplos de cómo puede estar configurado el dispositivo según la invención y no constituyen ninguna limitación concluyente. La única Figura 1 muestra en representación esquemática:

30 - un ejemplo de realización de un dispositivo para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima, en una sección transversal.

Un dispositivo 01 representado en conjunto o en partes en la figura incluye:

- una herramienta 02 que presenta en su lado orientado hacia la materia prima 03 que ha de ser tratada una forma negativa 04 de la pieza de trabajo que ha de ser producida,
- una vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco constituida por una carcasa en forma de vaina que se puede depositar sobre la materia prima 03 y dentro de la cual está dispuesta la herramienta 02 guiada de forma relativamente móvil, por ejemplo en dirección vertical, manteniendo una distancia constante frente a la forma negativa 04 con respecto a una superficie 06 de la materia prima 03 configurada hasta ese momento, preferiblemente perpendicular a la superficie 06 de la materia prima 03 configurada hasta ese momento situada frente a la forma negativa 04,
- un espacio 07 de reactor configurado entre la vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco, la herramienta 02 y la materia prima 03, con al menos una abertura 08 de entrada y al menos una abertura 09 de salida.

La vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco presenta un eje de cilindro y una abertura de paso que se extiende a lo largo de éste desde una primera cara frontal 19, orientada hacia la materia prima 03, hasta una segunda cara frontal 20 opuesta de la vaina 05 de reactor, orientada en sentido contrario a la materia prima 03.

45 La herramienta 02 está guiada de forma móvil dentro de la abertura de paso central de la vaina 05 de reactor a lo largo de un eje de procesamiento que coincide con el eje de cilindro.

Preferiblemente, la vaina 05 de reactor está dispuesta y/o se puede disponer levantada sobre la materia prima 03.

50 Preferiblemente, en una primera cara frontal 19 orientada hacia la materia prima 03 está dispuesta una junta 17 (preferiblemente una junta axial) circunferencial alrededor de la abertura de paso prevista para el alojamiento de la herramienta 02, por ejemplo introducida al menos parcialmente en la misma, que hermetiza, preferiblemente de forma impermeable al gas, el apoyo frontal entre la vaina 05 de reactor y la materia prima 03.

5 Preferiblemente, en el perímetro exterior de la herramienta 02 orientado hacia la vaina 05 de reactor y/o en el perímetro interior de la abertura de paso central de la vaina 05 de reactor orientado hacia la herramienta 02 está prevista al menos una junta 18 (preferiblemente una junta radial) circunferencial que rodea por completo el eje de cilindro y que hermetiza, preferiblemente de forma impermeable al gas, el apoyo radial entre el perímetro exterior de la herramienta 02 y el perímetro interior de la abertura de paso central de la vaina 05 de reactor.

Es importante señalar que la invención puede incluir una disposición de juntas formada por juntas 17, 18 para un dispositivo para la remoción electroquímica de material.

10 La vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco puede estar configurada como un cilindro hueco recto o inclinado, con una sección transversal de su abertura de paso central que se extiende perpendicular al eje de cilindro, similar en el sentido matemático a una sección transversal de la materia prima 03 que se extiende perpendicular al eje de procesamiento.

15 La abertura de paso central puede presentar una sección transversal constante sobre el nivel de la vaina 05 de reactor a lo largo del eje de cilindro. Alternativamente, la sección transversal se puede ensanchar hacia la primera cara frontal, por ejemplo en un salto. Dicho ensanchamiento aumenta el volumen del espacio 07 de reactor configurado entre la vaina 05 de reactor, la herramienta 02 y la materia prima 03.

Al menos durante la remoción electroquímica de material, un electrolito 10 fluye al interior del espacio 07 de reactor a través de la abertura 08 de entrada y sale de nuevo del espacio 07 de reactor a través de la abertura 09 de salida. De este modo, el espacio 07 de reactor es atravesado por una corriente que realiza un barrido permanente del mismo, con lo que se evitan depósitos de lodo que perjudica la remoción electroquímica de material.

20 En el espacio 07 de reactor reina una presión negativa con respecto a un entorno 11 fuera del espacio 07 de reactor. De este modo, por un lado se previenen consecuencias perjudiciales de una avería, ya que en caso de una fuga no sale nada de electrolito 10 ni de ninguna otra sustancia química del espacio 07 de reactor, y por otro lado, durante el funcionamiento sin perturbaciones, la presión del entorno presiona adicionalmente el reactor 05 contra la materia prima 03, lo que conduce a una mayor hermeticidad y una alta seguridad de proceso.

25 Preferiblemente, dentro del espacio 07 de reactor reina una presión de 200 mbar a 900 mbar, de forma especialmente preferible de 200 a 500 mbar, de modo que resulta una presión negativa correspondiente con respecto al entorno.

El espacio 07 de reactor puede formar parte de un circuito cerrado, dentro del cual circula un electrolito durante la remoción electroquímica de material. Por lo tanto, el electrolito circula preferiblemente dentro de un circuito cerrado del que forma parte el espacio de reactor con su abertura de entrada y su abertura de salida.

30 El dispositivo 01 es adecuado para la realización de un procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima 03, por ejemplo un producto semielaborado, que incluye las etapas de procedimiento consistentes en:

35 - configurar un espacio 07 de reactor entre una superficie 06 de la materia prima 03 configurada hasta ese momento, una vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco constituida por ejemplo por una carcasa en forma de vaina, y una herramienta 02 dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco y aislada eléctricamente con respecto a la vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco y la materia prima 03,

- dotar a una cara de la herramienta 02 orientada hacia la materia prima 03 que ha de ser tratada, y situada frente a la superficie 06 de la materia prima 03 configurada hasta ese momento, de una forma negativa 04 de la pieza de trabajo o de una parte de la pieza de trabajo que ha de ser producida,

40 - poner en marcha la remoción electroquímica de material mediante aplicación de una tensión a la materia prima 03 y a la herramienta 02, estando polarizada la herramienta 02 como cátodo,

- barrer el espacio 07 de reactor durante la remoción electroquímica de material haciendo pasar a través del mismo una corriente de electrolito 10,

45 - durante la remoción electroquímica de material, mover la herramienta 02 dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina 05 de reactor en forma de cilindro hueco, por ejemplo en dirección perpendicular, por ejemplo vertical, a una distancia constante con respecto a la superficie 06 de la materia prima 03 que va retrocediendo a medida que avanza la remoción electroquímica de material,

en donde:

50 - al menos durante la remoción electroquímica de material, en el espacio 07 de reactor reina una presión negativa con respecto a un entorno 11 fuera del espacio 07 de reactor.

El dispositivo y/o el procedimiento presentan, entre otras, las características indicadas a continuación:

- Un electrolito circula dentro de un circuito que incluye el espacio 07 de reactor, circuito en el que tiene lugar un filtrado continuo del lodo que se forma en el electrolito con la remoción electroquímica de material, después de que el electrolito circulante haya abandonado el espacio 07 de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio 07 de reactor.
- 5 - Un electrolito circula dentro de un circuito que incluye el espacio 07 de reactor, circuito en el que tiene lugar una separación de gas después de que el electrolito circulante haya abandonado el espacio 07 de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio 07 de reactor.
- Una presión negativa reinante en el espacio 07 de reactor con respecto a un entorno 11 fuera del espacio 07 de reactor se establece durante la separación de gas en el circuito mediante retirada de una fase de gas fuera del espacio 07 de reactor.
- 10 Preferiblemente, el electrolito 10 circula en un circuito cerrado que incluye el espacio 07 de reactor a través de un conducto 12 de alimentación conectado a la abertura 08 de entrada y de un conducto 13 de descarga conectado a la abertura 09 de salida.
- 15 El circuito cerrado puede presentar un espacio de filtro, dispuesto entre el conducto 13 de descarga y el conducto 12 de alimentación visto en el sentido de circulación 14 del electrolito 11 indicado mediante flechas, y/o un espacio de sedimentación para la separación del lodo producido durante la remoción electroquímica de material.
- El circuito cerrado puede presentar un separador de gas dispuesto entre el conducto 13 de descarga y el conducto 12 de alimentación visto en el sentido de circulación 14 del electrolito 11 para separar gases producidos durante la remoción electroquímica de material.
- 20 La presión negativa reinante en el espacio 07 de reactor con respecto a un entorno 11 fuera del espacio 07 de reactor se establece retirando del separador de gas una fase de gas separada en el separador de gas.
- Las superficies de la herramienta 02 que constituyen la forma negativa 04 de la pieza de trabajo que ha de ser producida están configuradas de modo que conducen la electricidad.
- 25 Las superficies restantes de la herramienta 02, que no constituyen la forma negativa 04 de la pieza de trabajo que ha de ser producida, pueden estar revestidas de modo que sean total o parcialmente aislantes eléctricas, por ejemplo anodizadas. El revestimiento aislante eléctrico puede incluir por ejemplo una capa 15 de óxido y/o cerámica natural del material de la herramienta 02.
- Al menos la forma negativa 04 configurada sobre la cara de la herramienta 02 orientada hacia la materia prima 03 que ha de ser tratada puede presentar un revestimiento conductor eléctrico.
- 30 La forma negativa 04 configurada sobre la cara de la herramienta 02 orientada hacia la materia prima 03 que ha de ser tratada puede estar provista por ejemplo de un revestimiento 16 conductor eléctrico de oro y/o plata y/o platino y/o paladio y/o cromo.
- La herramienta 02 puede estar hecha de aluminio, de titanio o de acero revestido.
- 35 El aluminio y el titanio son adecuados como material que conduce bien la electricidad, y además forman por oxidación una superficie de cerámica y/o anódica que no conduce la electricidad y/o que es altamente aislante. Además, el aluminio y el titanio son adecuados para el revestimiento con superficies en parte altamente conductoras que, como electrodos con polarización catódica para la remoción de material, se comportan de forma pasiva con respecto al acero y de este modo no absorben ninguna partícula.
- El aluminio y el titanio previstos en caso dado para la herramienta 02 pueden estar producidos:
- 40 - por extrusión y/o
- por fundición y/o
 - por forja y/o
 - por sinterización con láser,
- y a continuación revestidos.
- 45 Alternativa o adicionalmente, la herramienta 02 puede estar realizada como electrodo inerte de cristales mixtos.
- La materia prima 03 puede incluir o estar hecha por ejemplo de acero y/o de acero al carbono y/o de acero austenítico y/o de una aleación a base de níquel.

Es importante señalar que en el espacio de reactor 07 se pueden realizar sucesivamente diferentes tratamientos superficiales mediante la introducción de diferentes sustancias líquidas y/o pastosas y/o gaseosas, sin necesidad de retirar el reactor 05 o la herramienta 02.

5 En la invención propuesta también se pueden utilizar soluciones que contienen ácido o álcali. Preferiblemente se pueden utilizar ácidos, como por ejemplo ácido sulfúrico, ácido crómico, ácido fosfórico, entre otros, así como soluciones alcalinas, como sosa cáustica.

Otra ventaja de la invención consiste en que no solo se puede aumentar la velocidad de remoción de material, sino también la calidad del producto, ya que es posible una mejor remoción de material, por ejemplo de aleaciones de aluminio y cobre.

10 Además, el procedimiento y/o el dispositivo pueden presentar características individuales o una combinación de características mencionadas en la introducción en relación con el estado actual de la técnica, y/o características incluidas en documentos correspondientes al estado actual de la técnica mencionados en la introducción.

La invención no está limitada por la descripción por medio de los ejemplos de realización.

15 La invención se puede utilizar industrialmente en particular en el campo de la producción de piezas de trabajo metálicas.

Lista de símbolos de referencia

- 01 Dispositivo
- 02 Herramienta
- 03 Materia prima
- 20 04 Forma negativa
- 05 Vaina de reactor
- 06 Superficie de la materia prima 03 configurada hasta ese momento y situada frente a la forma negativa 04
- 07 Espacio de reactor
- 08 Abertura de entrada
- 25 09 Abertura de salida
- 10 Electrolito
- 11 Entorno
- 12 Conducto de alimentación
- 13 Conducto de descarga
- 30 14 Sentido de circulación
- 15 Capa de óxido y/o cerámica
- 16 Revestimiento conductor eléctrico
- 17 Junta
- 18 Junta
- 35 19 Primera cara frontal
- 20 Segunda cara frontal

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir una pieza de trabajo mediante remoción electroquímica de material de una materia prima (03),

que incluye las etapas de procedimiento consistentes en:

- 5 - configurar un espacio (07) de reactor entre una superficie (06) de la materia prima (03) configurada hasta ese momento, una vaina (05) de reactor en forma de cilindro hueco y una herramienta (02) dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina (05) de reactor,
- dotar a una cara de la herramienta (02) orientada hacia la materia prima (03) que ha de ser tratada, y situada frente a la superficie (06) de la materia prima (03) configurada hasta ese momento, de una forma negativa (04) de la pieza de trabajo que ha de ser producida,
- 10 - durante la remoción electroquímica de material, mover la herramienta (02) dispuesta guiada de forma móvil dentro de la vaina (05) de reactor a una distancia constante con respecto a la superficie (06) de la materia prima (03) que va retrocediendo a medida que avanza la remoción electroquímica de material,
- caracterizado por que:
- 15 - al menos durante la remoción electroquímica de material, en el espacio (07) de reactor reina una presión negativa con respecto a un entorno (11) fuera del espacio (07) de reactor,
- un electrolito circula dentro de un circuito que incluye el espacio de reactor, circuito en el que tiene lugar una separación de gas después de que el electrolito circulante haya abandonado el espacio de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio (07) de reactor, y
- 20 - la presión negativa reinante en el espacio (07) de reactor con respecto a un entorno (11) fuera del espacio (07) de reactor se establece durante la separación de gas en el circuito mediante retirada de una fase de gas fuera del espacio de reactor.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

- 25 en el que un electrolito circula dentro de un circuito que incluye el espacio de reactor, circuito en el que tiene lugar un filtrado continuo del lodo que se forma en el electrolito con la remoción electroquímica de material, después de que el electrolito haya abandonado el espacio de reactor y antes de que el electrolito sea conducido de nuevo al espacio (07) de reactor.

