

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 390 167**

51 Int. Cl.:
B23H 7/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08165663 .9**
96 Fecha de presentación: **01.10.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2172295**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54 Título: **Electrodos de alambre para corte por descarga eléctrica**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
07.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
07.11.2012

73 Titular/es:
**BERKENHOFF GMBH (100.0%)
BERKENHOFFSTRASSE 14
35452 HEUCHELHEIM, DE**

72 Inventor/es:
NÖTHE, TOBIAS

74 Agente/Representante:
MOLINERO ZOFIO, Félix

ES 2 390 167 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

Electrodo de alambre para corte por descarga eléctrica

Descripción de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un electrodo de alambre para el corte por mecanizado de descarga eléctrica, o electroerosión por chispa erosiva, teniendo un núcleo de aluminio o de una aleación de aluminio, y una capa de cobertura o revestimiento que rodea al núcleo y que comprende cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc.

[0002] Tal electrodo de alambre se revela en el documento EP 0734805.

[0003] Los métodos de mecanizado por electroerosión (EDM), o métodos de electro erosión por chispa, se utilizan para separar piezas de trabajo eléctricamente conductoras y se basan en la remoción de material mediante la descarga de chispas entre la pieza de trabajo y una herramienta. Con este propósito, en el interior de un líquido dieléctrico tal que por ejemplo agua desionizada o aceite, se generan controladas descargas eléctricas entre la pieza de trabajo en cuestión y la herramienta, colocándose esta a corta distancia respectiva de aquella y que actúa como un electrodo, a través de la aplicación de impulsos voltaicos. De esta manera, las piezas de trabajo pueden ser mecanizadas de manera sustancial independientemente de su dureza.

[0004] El corte mecanizado por electroerosión (corte por chispa erosiva) o erosión por alambre es un método especial de mecanizado por electroerosión, en el cual la herramienta está constituida por un fino alambre tensionado de diámetros generalmente en el intervalo aproximado de 0.02 a 0.4 mm. El alambre se desgasta durante el proceso de erosión como resultado de la remoción de material, por que debe emplazarse de manera continuada en la zona de corte o de mecanizado, y solo puede ser utilizado una vez, es decir el alambre se consume continuamente.

[0005] En la práctica, dependiendo de la aplicación, se utilizan electrodos de alambre revestidos o no revestidos. Los alambres no revestidos también llamados alambres desnudos o vírgenes se componen de un material homogéneo, mientras que los electrodos de alambre revestido poseen un núcleo recubierto o revestido. Los electrodos de alambre revestido de la técnica anterior se construyen generalmente de manera que el núcleo del electrodo de alambre, imparte la resistencia necesaria a la tensión mecánica en el paso a través del alambre y en el pretensado del alambre, así como la necesaria conductividad eléctrica y térmica del electrodo de alambre, y una capa de cobertura que rodea al núcleo es la responsable del proceso de erosión presente.

[0006] Los electrodos de alambre revestidos que tienen en el núcleo un material de muy alta resistencia a la tensión mecánica, tal que, por ejemplo, tungsteno, molibdeno o acero, tienen establecidos diámetros de pequeño tamaño, desde 0,02 a 0,07 mm, porque sólo de así se puede conseguir tensar el alambre tal que ocasione un proceso erosivo estable con la
5 precisión requerida. Sin embargo para diámetros de alambre mayores, los alambres de núcleos de tungsteno o molibdeno no constituyen una solución económica.

[0007] La mayor parte de los cables utilizados en la práctica tienen diámetros en el intervalo de 0,1 a 0,3 mm, para cumplir normalmente así con las especificaciones de estructura geométrica del componente objeto de producción. Este intervalo de diámetro estándar ha sido
10 adoptado normalmente en los alambres desnudos y en los revestidos de latón. Los alambres desnudos correspondientes están compuestos generalmente de latón con un contenido de zinc de entre un 35 y 40% en peso, mientras que la mayoría de los alambres revestidos tienen un núcleo de cobre o de latón y tienen una o más capas de cobertura de zinc o una aleación de cobre y zinc. Se ha comprobado que se puede fabricar estos cables con
15 resistencias a la tensión mecánica y al desgaste suficientes que cumplan los requisitos estipulados usualmente de precisión de los componentes. Su resistencia a la tensión mecánica a temperatura ambiente se encuentra normalmente en el intervalo aproximado de 350 a 1100 N/mm². Además, estos alambres tienen una conductividad eléctrica lo suficientemente alta como para garantizar una eficaz transferencia de energía desde el
20 generador de impulsos de la máquina de erosión a la pieza de trabajo. Como materiales de núcleo, el cobre o el latón, tienen la ventaja de poder ser procesados económicamente a través la conformación en frío, y el zinc y el latón, como materiales incluidos en el proceso de erosión presente, debido a la presencia de zinc y la fácil vaporización resultante del mismo, consiguen ventajosamente altas velocidad de remoción y eficiencia relativas en el proceso de
25 erosión, y pueden transferir muy pequeños impulsos de energía para el acabado fino de las superficies de la pieza de trabajo.

[0008] En este contexto, en el pasado, impulsado en buena medida, por las innovaciones en ingeniería mecánica y, en particular, por la mejora en el rendimiento de los procesos de fuentes de energía, se desarrollaron gran variedad de alambres desnudos y revestidos,
30 destinados al incremento en la tasa de remoción y la mejora en la calidad de la pieza de trabajo. Por ejemplo, un objetivo de estos desarrollos consistía en la combinación de una alta resistencia a la tensión mecánica con alta conductividad eléctrica y térmica. En el curso de estos desarrollos, los electrodos de alambres recubiertos de núcleos de materiales, a excepción del cobre o latón, fueron propuestos de manera esporádica con del diámetro
35 estándar mencionado anteriormente. Así por ejemplo, la patente EE.UU. 4968867 describe un

electrodo de alambre cuyo material de núcleo se supone tiene una alta conductividad térmica y puede ser, entre otros, de aluminio o de una aleación de aluminio. Para conseguir la tensión mecánica y capacidad de carga mecánica deseadas, se proporciona una capa de revestimiento de latón con cierto espesor mínimo. Según este documento, en sección
5 transversal, la superficie de la capa de revestimiento debe ser proporcionalmente mayor que la superficie del núcleo, y debe suponer entre un 50 a 90% del total del área de sección transversal del electrodo de alambre. Además, con esta estructura se consigue una buena amortiguación que atenúa la vibración del electrodo de alambre.

[0009] Dado que la técnica erosiva de alambre que se ha venido utilizando durante los últimos
10 casi 40 años ha alcanzado un alto nivel de madurez tecnológica, la eficiencia económica del método también esta siendo cada vez más importante, añadida a los objetivos antes mencionados, con el fin de que técnica erosiva de alambre EDM sea atractiva para el grupo de usuarios lo más amplio posible.

[0010] Es objeto de la presente invención, desarrollar aún más los electrodos de alambre de
15 la técnica anterior, hacia altas tasas de remoción y tiempos cortos de mecanizado resultantes, de manera que se incremente aún más la eficiencia económica del alambre erosivo al tiempo que mantenga una resistencia a la tensión mecánica suficiente y unas buenas propiedades de erosión.

[0011] Las características de la reivindicación 1 sirven para alcanzar este objetivo. Las
20 realizaciones ventajosas del electrodo de alambre constituyen el objeto de las respectivas reivindicaciones dependientes asociadas.

[0012] De acuerdo con la presente invención se ha proporcionado un electrodo de alambre
para corte mecanizado por descarga eléctrica, o corte por electroerosión, el cual tiene un
núcleo compuesto en mas de un 50% en peso de aluminio puro cristalino y/o de una o más
25 aleaciones de aluminio cristalino. En el ámbito de la presente solicitud, un material "cristalino" se refiere, de manera usual, tanto los materiales monocristalinos como a los materiales poli cristalinos. Así, el núcleo además de consistir de aluminio cristalino puro y/o una o más aleaciones de aluminio cristalino, podría comprender, por ejemplo, uno o más aditivos que influyan ventajosamente con ciertas propiedades. Sin embargo, se prefiere, que el núcleo
30 consista en su totalidad o sustancialmente en su totalidad de aluminio cristalino puro y/o de una o más aleaciones de aluminio cristalino, es decir, se proporcione un núcleo de aluminio cristalino puro y/o una o más aleaciones de aluminio cristalino. En particular, el núcleo puede estar constituido o formado totalmente de aluminio o de una aleación de aluminio. El núcleo puede estar formado de manera homogénea o pueden tener propiedades que varían en

dirección radial, por ejemplo en forma de una pluralidad de capas de aluminio individuales o de aleaciones de aluminio de composición diferente dispuestas unas sobre otras

[0013] Rodeando al núcleo se proporciona una capa de revestimiento o de cobertura que comprende cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc. En consecuencia, la capa de cobertura puede consistir, por ejemplo, en su totalidad o sustancialmente en su totalidad de cobre, en su totalidad o sustancialmente en su totalidad de zinc, o en su totalidad o sustancialmente en su totalidad de una aleación de cobre y zinc. Como se explicará más adelante, también es posible que la capa de cobertura esté compuesta de una pluralidad de capas o subcapas individuales, formadas a partir de los materiales mencionados.

10 Preferiblemente, la capa de cobertura está formada al menos en un 50% en peso de cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc. Una posibilidad sería tener una capa de cobertura homogénea, de aproximadamente cobre en un 50% en peso y aproximadamente zinc en un 50% en peso, o tener una aleación de cobre y zinc aproximadamente en un 50% en peso. El material preferido para la capa de revestimiento es el latón, o una aleación de cobre y zinc

15 con un contenido de zinc de más de un 40% en peso. Tal latón comprende la fase β que es una fase frágil, tiene una resistencia a la tensión mecánica relativamente baja y no es fácil trabajarlo por conformación en frío, aunque sin embargo si mejora ventajosamente el resultado de corte. Por consiguiente, se prefiere particularmente proporcionar latón al menos en la región exterior de la capa de cobertura.

20 [0014] La cobertura se puede aplicar al núcleo, por ejemplo, con métodos de revestimiento adecuados, si fuera apropiado, en combinación con un proceso de tratamiento térmico. La cobertura se puede aplicar, por ejemplo, empleando medios físicos o electroquímicos y si fuera apropiado, pueden seguir etapas adicionales para reducir el diámetro del alambre. Incluso es posible, formar primero un alambre que tenga la estructura del núcleo, y colocarlo

25 en una pieza de forma tubular de un material de como mínimo elementos individuales de la capa de cobertura propuesta, y después reducir el diámetro de esta combinación por medio de un dispositivo de estirado de alambre, con lo que se adhiere la pieza de material de revestimiento tubular en la pieza del núcleo. La pieza de material tubular puede estar compuesta o consiste, por ejemplo, de cobre, y tras la reducción del diámetro, se puede

30 aplicar primero una capa de zinc por ejemplo electroquímicamente, para finalmente efectuar un tratamiento térmico, por el cual por medio de la difusión se forma una capa de revestimiento de latón.

[0015] Preferiblemente, la capa de cobertura constituye la superficie externa del electrodo de alambre, y con la excepción de un capa de transición, discutida en mayor detalle más

adelante y que puede estar presente, no se proporcionan capas adicionales entre el núcleo y la capa de cobertura. En ciertas aplicaciones, sin embargo, también puede ser ventajoso proporcionar una o más capas adicionales sobre la capa de cobertura y/o entre el núcleo y la capa de cobertura.

5 [0016] La cobertura que rodea el núcleo - dependiendo de la aplicación - se puede formar tanto de una manera cerrada como tener fisuras o discontinuidades, es decir la cobertura puede cubrir al núcleo completamente o sustancialmente completamente o alternativamente, sólo parcialmente.

10 [0017] En toda la longitud del electrodo de alambre, en la sección transversal perpendicular a la dirección de extensión del alambre, la proporción de la superficie del núcleo con respecto a toda el área en sección transversal representa como mínimo el 60%, preferiblemente como mínimo el 65%, más preferiblemente como mínimo el 70% y lo más preferiblemente como mínimo el 75%, y preferiblemente un máximo del 95%. En ciertas aplicaciones, sin embargo, también puede ser ventajoso que esta proporción de área represente como máximo el 90% o
15 85%. Es preferible que el electrodo de alambre tenga una sección transversal circular. Para ciertas aplicaciones, sin embargo, las secciones transversales en formas distintas a la circular también pueden tener ventajas potenciales, tales que, por ejemplo, los perfiles rectangulares.

20 [0018] Se ha encontrado que comparados con los alambres ya conocidos, con un electrodo de alambre de este diseño, se aumenta considerablemente la eficiencia económica del método por la disminución del peso específico del electrodo de alambre y, por lo tanto, del peso basado en el consumo de alambre por unidad de tiempo. Así, por ejemplo, en el caso de un núcleo de aluminio que tenga una proporción de área del 60% y una capa de cobertura de latón del 37% en peso de zinc (CuZn_{37}), la densidad aproximada es $5000\text{kg} / \text{m}^3$ y por lo
25 tanto cerca de un 40% menor que el valor para un alambre desnudo de latón de esta composición.

[0019] Sorprendentemente, sin embargo, se puede conseguir la suficiente resistencia a la tensión mecánica, (preferentemente al menos de 350 N/mm^2 a temperatura ambiente) y conductividades eléctricas y térmicas suficientes (por ejemplo, conductividades eléctricas
30 demás de $15 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$), para producir un proceso de erosión eficiente, rápido y suficientemente preciso. Por ejemplo, una considerable desventaja de elegir materiales con menor peso específico consiste por lo general, en que para suministros de calor constantes y cuando el diámetro del alambre no varía, el calentamiento del electrodo de alambre aumenta, con lo que disminuye la resistencia a la tensión mecánica del alambre, y aumenta el riesgo de

rotura del mismo. Por debajo del punto de fusión, el cambio de temperatura producido en una pequeña porción alambre Δl_D como consecuencia de introducir una cantidad de calor en esta porción está dada por la siguiente fórmula:

$$\Delta T_D = \frac{Q'_{w,zu}}{\rho_D \cdot A_D \cdot v_D \cdot c_{p,D}} - Q'_{w,ab},$$

5 en donde ΔT_D es la diferencia de temperatura producida en la porción de alambre Δl_D . $Q'_{w,zu}$ es el flujo de calor suministrado a la parte del alambre Δl_D mediante calentamiento de la resistencia, y calor de descarga, ρ_D es la densidad del electrodo de alambre, A_D es el área en sección transversal del electrodo de alambre, v_D es la velocidad de salida del alambre, $c_{p,D}$ es la capacidad de calor específico del electrodo de alambre, y $Q'_{w,ab}$ es el flujo de calor que se
 10 disipa al ambiente a través del dieléctrico, las porciones de alambre fuera de la región de erosión, las guías de alambre y de suministro de plomos de potencia eléctrica. Esta fórmula indica que el aumento de la temperatura está condicionado por un lado, por la densidad ρ_D y por la capacidad de calor específico $c_{p,D}$. Dado que el flujo de calor disipado $Q'_{w,ab}$ aumenta a medida que aumenta la conductividad térmica de los alambres, y el de flujo de calor $Q'_{w,zu}$
 15 aplicado, aumenta a medida que aumenta la resistencia eléctrica del alambre, el aumento de la temperatura queda determinado por otro lado por estos dos valores característicos de los alambres. La presente invención se basa en la idea que, de entre los materiales ligeros, el aluminio cristalino es justo el que puede compensar la desventaja termo-física de la baja densidad por tener una alta capacidad de calor específico y de conductividad térmica y
 20 eléctrica. Esta ventaja se transfiere a aleaciones de aluminio cristalinos.

[0020] Dado que la velocidad de remoción y la estabilidad del proceso de aluminio o las aleaciones de aluminio como materiales que participan directamente en el proceso de erosión son insatisfactorios, la capa de cobertura tiene de acuerdo con la invención, la función de impartir propiedades favorables a la erosión, en el sentido de una alta estabilidad del proceso
 25 y mejora del resultado de corte al alambre electrodo. En este contexto dado que estas propiedades se ven convenientemente favorecidas por el zinc de fácil vaporización en su forma pura o en aleación, se prefiere que la capa de cobertura comprenda zinc o una aleación de cobre y zinc, o que la capa de cobertura o subcapa, preferiblemente externa, de la misma sea de zinc o de una aleación de cobre-zinc que los comprenda en al menos un
 30 50% en peso. Se debe destacar que la eficiencia económica resultante de reducir el consumo de alambre no puede aumentarse fácilmente por medio de cualquier reducción en la velocidad de salida del alambre, ya que la salida del alambre sirve para compensar el

desgaste y una reducción en la velocidad aumenta el riesgo de rotura del alambre y reduce la precisión de la pieza de trabajo. Además, tampoco es posible reducir sustancialmente el diámetro del alambre, dado que la energía por impulsos transferible, y por tanto la tasa de remoción podrían disminuir drásticamente al mismo tiempo, debido a la disminución

5 cuadrática en el área de sección transversal. Más incluso, debido a los requisitos exigidos con respecto a la resistencia a la tensión mecánica, sólo los metales caros y pesados, tales como molibdeno o tungsteno, serían posibles en el proceso.

[0021] Una ventaja adicional del electrodo de alambre de acuerdo con la invención en, comparación con los cables ya conocidos, consiste en que el peso del carrete sobre el que se

10 enrolla el alambre se ha reducido, para una misma longitud de alambre. Como resultado, no sólo se ha simplificado la manipulación durante el transporte e insertado del carrete en la máquina de erosión, también son menores los requisitos estrictos respecto del dimensionamiento de los ejes de las bobinas durante la operación, y de los frenos que impiden la rotación de la bobina, de manera que el alambre de la máquina de erosión se

15 puede producir a un menor coste. Además, puede mejorar la precisión, ya que una bobina más ligera presenta en el caso de fluctuaciones en la salida del alambre corriente abajo, un momento de retirada de arrastre menor, o una salida provocada reducida, y consecuentemente pueden reducirse las oscilaciones del alambre o también prevenir las roturas. Alternativamente, se pueden fabricar grandes bobinas de una longitud de alambre

20 superior mientras el peso del carrete sigue siendo el mismo, de tal manera que con una configuración de máquina idéntica puedan aumentar los cambios de carrete costo-intensivo y tiempo-intensivo

[0022] Además de las configuraciones de una capa de cobertura homogénea, puede ser ventajoso proporcionar también una capa de cobertura que tenga una pluralidad de capas o

25 subcapas individuales, las cuales se dispongan unas encima de otras y donde cada una rodee el núcleo y este formada al menos en un 50% en peso de cobre, zinc y/o una aleación de cobre y zinc. En este contexto, cada una de las subcapas, o capas parciales, puede tener una de las composiciones especificadas generalmente por encima de la capa de cobertura. En particular, las subcapas pueden comprender una o más capas de cobre, una o más capas

30 de zinc y/o una o más de cobre-zinc capas de aleación. Por ejemplo, en un diseño ventajoso, la capa de cobertura puede comprender una capa exterior compuesta formadas o totalmente, o sustancialmente en su totalidad, de latón, y una capa delgada de cobre entre esta capa exterior y el núcleo. Tal configuración podría realizarse, por ejemplo, en la manera descrita ya anteriormente, en donde primero se proporciona el núcleo con un revestimiento de cobre,

35 luego se aplica una capa de zinc a esta capa de cobre, y finalmente se le da un tratamiento

térmico en el curso del cual se forma por difusión una capa externa de latón, quedando una capa delgada de cobre sobrante como residuo de la capa de cobre original. Tal capa de cobre tiene la ventaja de reducir o prevenir las influencias perturbadoras que resultan de la penetración de elementos en la capa de cobertura tales como, por ejemplo, el aumento de la fragilidad o la disminución de la adherencia en la capa de transición entre el núcleo y la capa de cobertura.

[0023] En otras configuraciones ventajosas multicapa de la capa de cobertura, se pueden combinar una o más subcapas que comprenden o están formadas de una fase γ con una o más subcapas que comprenden o están formadas de una fase α y/o con una o más subcapas que comprenden o están formadas de una fase β . Por ejemplo, se puede seleccionar una configuración en la que la capa de cobertura comprende o esta compuesta de una capa exterior de una aleación de zinc o de cobre-zinc compuesta predominantemente o totalmente, o totalmente sustancialmente por una fase γ y una capa de cobre o de una aleación de cobre-zinc dispuesta entre esta capa externa y el núcleo que esta compuesta predominantemente o completamente, o sustancialmente completamente, de fase α , como se describe, por ejemplo, en la patente EP 0 733 431. Además se puede elegir una configuración en la cual la capa de cobertura comprenda o consista en una subcapa interna que consista predominantemente o por completo, o sustancialmente por completo, de latón β y una subcapa exterior que consista en su mayor parte o en su totalidad, o sustancialmente en su totalidad, de latón γ , como se describe, por ejemplo, en la patente EP 1 295 664. Mas incluso, la anterior configuración de la capa de cobertura se puede realizar de latón con un contenido de zinc de más de un 40% en peso, de tal manera, que este latón constituye una subcapa exterior de la capa de cobertura y una subcapa de latón teniendo un contenido de zinc inferior al 40% en peso, dispuesto entre esta subcapa exterior y el núcleo.

[0024] Como aleaciones de aluminio para el núcleo, es posible utilizar tanto aleaciones no endurecidas tales como, por ejemplo, aleaciones de AlMg (por ejemplo, AlMg₃ o AlMg₅), y aleaciones endurecidas tales como, por ejemplo, aleaciones AlMgSi, aleaciones AlCuMg o aleaciones AlZnMg (por ejemplo AlCuMg₁, AlCuMg₂ o AlZn_{4.5}Mg₁). La última ofrece como ventaja conseguir mejoras en la combinación de conductividad- resistencia a la tensión mecánica. Preferentemente, deben seleccionarse aleaciones de aluminio con buenas propiedades aptas para la conformación en frío (aleaciones forjadas). El núcleo puede comprender una o más de estas aleaciones o puede estar formado de una o más de estas aleaciones (es decir, una o más aleaciones endurecidas y/o una o más aleaciones no endurecidas). Con respecto al reciclado en el sentido de una refusión, pueden ser ventajosas

las aleaciones AlZnMgCu en combinación con una capa de cobertura que comprenda sólo el cobre, zinc y/o latón, debido a que la capa de cobertura no contiene entonces elemento alguno que vaya más allá del núcleo.

5 [0025] La elección de los materiales del electrodo de alambre se realiza preferentemente de modo que la fuerza de tensión del electrodo de alambre a temperatura ambiente sea por lo menos 350 N/mm². En el caso de un núcleo que comprenda una aleación de aluminio, esto se consigue mediante la elección de la aleación adecuada. Al escoger aluminio puro como material de núcleo, debe tenerse en cuenta por otro lado, que su resistencia a la tensión mecánica incluso en su estado endurecido por conformación en frío, es menor que la
10 resistencia a la tensión mecánica del latón, y la capa de cobertura deberá contribuir suficientemente a la resistencia a la tensión mecánica total de la electrodo de alambre. En otras palabras, la capa de cobertura deberá construirse entonces tal que, en total, logre una resistencia a la tensión mecánica mayor que el núcleo, de tal manera, que la resistencia a la tensión mecánica total del alambre sea al menos 350 N/mm².

15 [0026] En una configuración preferente, se provee una capa de transición entre el núcleo y la capa de cobertura, cuya capa de transición comprende uno o más elementos del material del núcleo, así como uno o más elementos de la capa de cobertura, y consiste preferiblemente en, o consiste sustancialmente, de estos. En general, una capa de transición correspondiente se generará en el transcurso de la producción del electrodo de alambre y, en particular, de la
20 capa de cobertura. Además de, o en lugar de dicha capa de transición relacionada con la producción, se pueden producir una o más capas de transición deliberadamente o de forma selectiva. La capa de transición o las capas de transición sirve o sirven para asegurar una adhesión suficientemente fuerte entre el núcleo y la capa de cobertura

[0027] En una configuración preferente, el electrodo de alambre tiene un diámetro por lo
25 menos de 0,2 ms. El límite superior preferido es 0,4 ms. Si se escoge una sección transversal no circular para el electrodo de alambre, el valor especificado para el diámetro se relaciona con el mínimo diámetro. En este intervalo de diámetro, la estructura de los electrodos de alambre de acuerdo con la invención posibilita conseguir mejoras particularmente significativas de eficiencia económica, al tiempo que mejora la eficiencia del proceso de
30 erosión.

[0028] Se prefiere que la estructura del electrodo de alambre que se escoja tenga una densidad menor de 5000 kg/m³, más preferiblemente menor de 4800 kg/m³, y más preferiblemente menor de 4300 kg/m³.

[0029] La invención se explica con más detalle en base a la realizaciones ejemplares siguientes, con referencia al dibujo.

[0030] La figura 1 muestra esquemáticamente y no a escala real una sección transversal de una forma de realización del electrodo de alambre según la invención.

5 [0031] El electrodo de alambre 1 mostrado en sección transversal en la figura 1 tiene un núcleo del cable 2, que está completamente rodeado o abarcado, por una capa de cobertura 3 que constituye el exterior del electrodo de alambre 1. Una capa de transición 4, que también abarca completamente o rodea al núcleo 2, que está dispuesta entre la capa de cobertura 3 y el núcleo 2. Como ya se ha indicado anteriormente, la capa de cobertura 3 y/o la capa de
10 transición 4 puede estar también diseñada de manera que tengan grietas o fisuras o discontinuidades, y no cubran completamente al núcleo.

[0032] En el ejemplo de realización representado, el núcleo 2 esta formado de manera completamente homogénea o sustancialmente completamente de aluminio cristalino o de una
15 aleación de aluminio cristalino. La capa de cobertura 3 es asimismo un conjunto homogéneo y de una sola estructura de capa, y está formada en más de un 50% en peso y referentemente completamente o sustancialmente por completo de latón. Por motivos ilustrativos, la capa de transición 4 está representada con un espesor muy exagerado. En realidad, sólo contribuye de manera insignificante a la sección transversal total de área. Ella
20 comprende al menos un elemento que está presente en el núcleo 2 y al menos un elemento que está presente en la capa de cobertura 3. Preferiblemente, comprende una aleación que, en su composición, es entre aquella del núcleo 2 y la de la capa de cobertura 3. A este respecto, la composición también puede variar en la dirección radial, con el fin de efectuar una transición gradual entre el núcleo 2 y la capa de cobertura 3. La capa de transición 4
25 sirve para mejorar la adhesión entre el núcleo 2 y la capa de cobertura 3. Dependiendo del método elegido para producir el electrodo de alambre 1, se habrá formado inherentemente una capa de transición más o menos extensa, por ejemplo a través de procesos de difusión. Es preciso señalar que, en conjunto, los límites superficies entre capas adyacentes se realizan generalmente de una manera no ideal y pudiendo ser irregulares y /o confusos a
30 causa de los procesos de difusión.

[0033] De manera similar al caso de la capa de transición 4, también puede ser ventajoso fabricar el electrodo de alambre 1 tal que la composición del núcleo 2 y/o de la capa de

cobertura 3 varíen en la dirección radial. Esto puede conseguirse, no sólo a través de realizaciones de múltiples capas, sino también través de las variaciones continuas.

[0034] La proporción de la superficie del núcleo 2 en relación al área total de la sección transversal es al menos un 60%.

5 [0035] En un ejemplo especial preferente de esta realización, el núcleo 2 está formado de aluminio puro y la capa de cobertura 3 está formada de CuZn_{37} . La capa de transición 4 tiene un espesor de aproximado de un micrómetro, y se compone sustancialmente de aleaciones de aluminio y cobre y/o zinc. El grosor del electrodo de alambre 1 es de 0,25 ms., la proporción de la superficie del núcleo 2 con respecto al área de la sección transversal es del
10 65%, y la resistencia a la tensión mecánica del electrodo de alambre 1 es 400 N / mm^2 .-

[0036] En un ejemplo adicional de realización especial preferente, representado en la Figura 1, el núcleo 2 está formado con la aleación AlMg_3 y la capa de cobertura 3 está formada de CuZn_{45} . La capa de transición 4 tiene un espesor aproximado de 15 micras, y está compuesto sustancialmente de aleaciones de aluminio y cobre y/o zinc. El espesor del electrodo de
15 alambre 1 es 0,3 mm, la proporción de la superficie del núcleo 2 con respecto al área la sección transversal es 65%, y la resistencia a la tensión mecánica del electrodo alambre 1 es 400 N/mm^2 .

REIVINDICACIONES

1. Un electrodo de alambre para el corte mecanizado por descarga eléctrica o , teniendo
- 5 - Un núcleo (2) que esta compuesto en más de un 50% en peso de aluminio cristalino puro y/o una o más aleaciones de aluminio cristalino, y
- Una capa de cobertura (3) que rodea al núcleo (2) y que comprende cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc,
- 10 **caracterizado porque**, a lo largo de toda la longitud del alambre electrodo (1), la proporción de la superficie del núcleo (2) respecto a toda la zona de sección transversal del electrodo de alambre (1) representa el 60% a 95%.
- 15 2. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en la reivindicación 1, en el cual la capa de cobertura (3) está formada al menos en un 50% en peso de cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc.
- 20 3. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en la reivindicación 1 o 2, en donde la capa de cobertura (3) tiene una pluralidad de subcapas, las cuales están dispuestas una encima otra y cada una está hecha al menos en un 50% en peso de cobre, zinc y/o una aleación de cobre-zinc.
- 25 4. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la capa de cobertura (3) comprende latón teniendo un contenido de zinc de al menos un 40% en peso.

5. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el núcleo (2) está hecho de aluminio puro cristalino y/o de una o más aleaciones de aluminio cristalino.
- 5 6. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el núcleo (2) está hecho de una aleación de aluminio no endurecida.
- 10 7. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el núcleo (2) está hecho de una aleación de aluminio no endurecida.
8. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en la reivindicación 7, en donde aleación de aluminio no endurecida es una aleación AlMgSi, una aleación AlCuMg, una aleación AlZnMg o una aleación de AlZnMgCu.
- 15 9. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la resistencia a la tensión mecánica del electrodo de alambre (1) a temperatura ambiente es al menos 350 N/mm^2 .
- 20 10. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una o más capas de transición (4), que comprenden uno o más de los elementos del núcleo (2) y uno o más de los elementos de la capa de cobertura (3), están dispuestos entre el núcleo (2) y la capa de cobertura (3).
- 25 11. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el diámetro del electrodo de alambre (1) es por lo menos 0,2 ms.

12. El electrodo de alambre tal y como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la densidad del electrodo de alambre (1) es inferior a 5000 kg/m^3 .

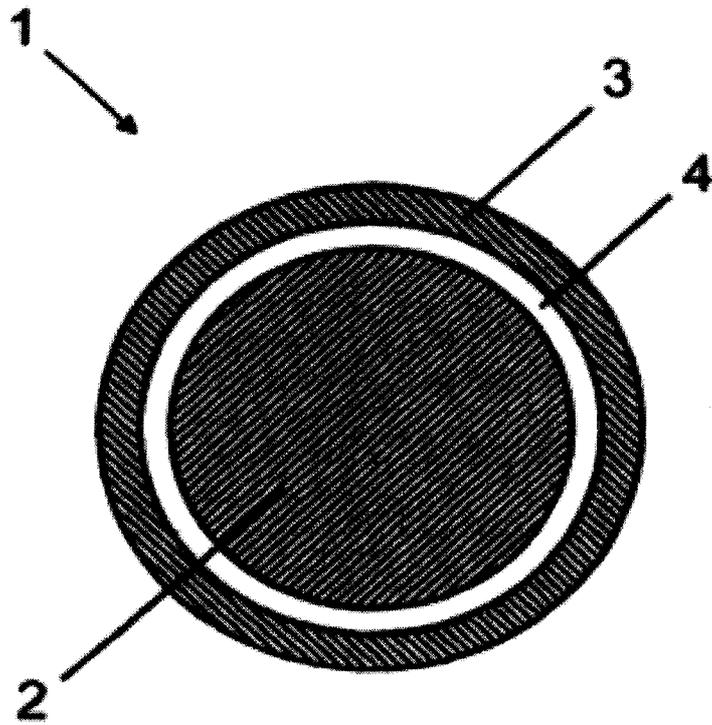


Figura 1