

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 842 330**

51 Int. Cl.:

B23H 7/08 (2006.01)

C22F 1/08 (2006.01)

C23C 28/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2018 E 18214407 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020 EP 3597339**

54 Título: **Alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga y método para fabricación del mismo**

30 Prioridad:

18.07.2018 CN 201810790371

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

13.07.2021

73 Titular/es:

**KSPARK METAL GROUP CO., LTD. (100.0%)
Suite 309, Capital City Building, Independence
Avenue
Victoria, Mahé, SC**

72 Inventor/es:

**HONG, SHAOQIAN y
PEI, QI**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E
INVENCIONES, SLP**

ES 2 842 330 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

Alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga y método para fabricación del mismo

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un alambre de electrodo, y particularmente a un alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según el preámbulo de la reivindicación 1 y a un método para fabricar el mismo. Un alambre de este tipo se conoce a partir del documento FR 2 881 973.

10

Antecedentes de la invención

En los últimos años, las tecnologías de mecanizado han cambiado rápidamente, y el mecanizado por electrodescarga por corte de alambre también se ha desarrollado rápidamente como una tecnología de mecanizado de precisión especial. Una parte importante del desarrollo de una tecnología de corte de alambre se basa en el desarrollo de una tecnología de alambre de electrodo. Solo los alambres de electrodos con un rendimiento excelente se pueden mecanizar de manera eficiente en productos de alta calidad y alta precisión. Desde la invención de los alambres de electrodos galvanizados en las décadas de 1970 y 1980, varios electrodos de alambre, como alambres de electrodo de latón ordinarios, alambres de electrodo galvanizados, alambres de molibdeno, alambres de tungsteno y alambres compuestos (que consisten en alambres de acero en capas internas y cobre, etc. en superficies exteriores) han aparecido sucesivamente en el mercado. En la actualidad, los alambres de electrodo comúnmente utilizados incluyen alambres de molibdeno ($\Phi 0,08$ - $\Phi 0,2$ mm), alambres de tungsteno ($\Phi 0,03$ - $\Phi 0,1$ mm), alambres de latón ($\Phi 0,1$ - $\Phi 0,3$ mm), alambres de electrodo revestidos ($\Phi 0,1$ - $\Phi 0,3$ mm) y similares. El corte de alambre a baja velocidad es una dirección principal del corte de alambre internacional, en el que los alambres de electrodo utilizados, como los alambres de latón y los alambres recubiertos de zinc, pronto serán dominantes en la variedad de materiales de alambre de electrodo cortados con alambre.

Con el avance continuo de las tecnologías de procesamiento de materiales y las tecnologías de mecanizado, los alambres de electrodos se han convertido de alambres de electrodos de latón ordinarios a alambres de electrodos chapados. Un alambre de electrodo galvanizado para corte de alambre a baja velocidad generalmente comprende un material de núcleo que está hecho de latón ordinario y recubierto externamente con una capa de zinc. Debido a la vaporización del zinc durante el corte, la descarga de dicho alambre de electrodo es relativamente estable y la superficie de corte es más suave que la de un alambre de latón ordinario. Sin embargo, para la composición de aleación de un alambre de electrodo de latón, deben tenerse en cuenta tanto el coste económico como la velocidad de mecanizado; y para un alambre de latón con un contenido de zinc del 35 % o más, a pesar del coste reducido, la velocidad de mecanizado también se reduce.

Por consiguiente, los expertos en la técnica se dedican a desarrollar un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga y a proporcionar un método de fabricación del mismo basado en la consideración del coste económico y la eficacia.

Sumario de la invención

En vista de los defectos anteriores en la técnica anterior, un problema técnico a resolver por la invención es desarrollar un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga, y proporcionar un producto con bajo coste de fabricación y excelente rendimiento y un método para fabricarlo. Para lograr el objetivo anterior, la invención proporciona un alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga, que comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que, el material de núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal, y se distribuyen grietas irregulares sobre la capa de óxido de zinc; y el material del núcleo tiene un diámetro de 0,65-1,48 mm, la capa de metal de superficial tiene un espesor de al menos 0,45-10,23 μm , el espesor máximo de las grietas es menor o igual a 4,5 μm , y la separación máxima de las grietas es de 17 μm .

Además, el contenido de la aleación de latón es un 48-72 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual a un 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es de un 65-87 % en peso y el contenido restante es menor o igual a un 0,15 % en peso en la capa de metal superficial.

La invención también proporciona un método para fabricar el alambre de electrodo para el mecanizado de electrodescarga, que comprende las siguientes etapas:

etapa (1): después de que las materias primas que contienen cobre y zinc se califican mediante análisis químico, las materias primas se combinan y mezclan, la mezcla resultante se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, y se produce un material de alambre de aleación mediante colada ascendente, en el que la

temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;

etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descortiza seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 7-9,8 mm;

5 etapa (3): la varilla obtenida se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 0,88-1,65 mm que luego se desengrasa, se decapa con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas; etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;

10 etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre preacabado que tenga un tamaño conforme, en el que la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V y la corriente de recocido es 13-43A;

etapa (6): el material de alambre preacabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, se forma una forma irregular en la superficie del material del núcleo mediante el tratamiento superficial, y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo;

15 y etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.

20 Además, el recocido de ablandamiento en la etapa (2) se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es 1,7-23 h; y la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es 2,3-33 h.

25 Aún más, la distancia de recocido de la primera etapa es de 0,98-3,78 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 4,12-11 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 7-570 m/min.

30 Aún más, la varilla se somete a un tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 1-8,8 h antes del estiramiento plástico.

Además, en la etapa (6), en el tratamiento superficial, el material de alambre preacabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna.

35 Preferentemente, el laminado se lleva a cabo mediante un rodillo simultáneamente con el calentamiento para realizar un tratamiento superficial en el material del núcleo de modo que la capa de óxido se cristalice para agrietarse.

40 Preferentemente, el chorreado con arena en seco se lleva a cabo simultáneamente con el calentamiento, y un material de arena se chorrea sobre el material de alambre preacabado de manera que la superficie se erosiona hasta agrietarse.

45 Además, el chorreado con arena en seco se utiliza para acelerar el chorreado del material de arena con aire comprimido como potencia mediante un dispositivo de arenado neumático, o para chorrear el material de arena con una fuerza centrífuga mediante un polipasto y un plato giratorio de alta velocidad.

Efectos benéficos:

50 El alambre de electrodo para el mecanizado por electrodeposición según la invención puede protegerse y ser resistente a la corrosión gracias a una capa de óxido de zinc recubierta por fuera del material del núcleo; y se forman grietas irregulares en la superficie, que no solo puede promover la introducción de fluido lubricante a una interfaz de mecanizado entre un molde y el alambre del electrodo en el proceso de trefilado para mejorar el rendimiento del trefilado, pero también mejora la capacidad del alambre del electrodo para transportar fluido de corte en el proceso de corte mediante la cooperación entre las grietas y el fluido de corte, facilitando así la mejora de la eficiencia de corte, rendimiento de mecanizado y calidad de corte.

60 El alambre de electrodo de la invención se fabrica de manera compacta mediante un proceso de recocido de dos etapas y un proceso de recocido de estiramiento, y el recocido con una tensión de CC en línea se realiza en lugar del recocido de oxidación original para reducir la pérdida de cobre recocido de oxidación y maximización de la utilización de recursos; y el tratamiento superficial se lleva a cabo mediante un proceso de chorreado con arena relativamente simple, que controla la producción de grietas y mejora la calidad del producto terminado.

65 El concepto, la estructura específica y los efectos técnicos de la invención se describirán con más detalle a continuación junto con las realizaciones para comprender completamente los objetos, características y efectos de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Realización 1

- 5 Un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que el material del núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la
- 10 capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal y grietas irregulares se distribuyen sobre la capa de óxido de zinc.

Un método para fabricar el alambre del electrodo comprende específicamente las siguientes etapas:

- 15 etapa (1): materias primas como el cobre, zinc, fósforo, magnesio, calcio, aluminio y las tierras raras se combinan en una cierta proporción de acuerdo con la composición de la aleación, en el que el peso específico en esta realización es el siguiente: 45,430 kg de Cu, 30,250 kg de Zn, 0,605 kg de P, 0,076 kg de Mg, 0,040 kg de Ca, 3,010 kg de Al, 0,025 kg de La y 0,010 kg de Zr; después de que las materias primas sean calificadas por análisis químico, la mezcla formulada se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, en el que la temperatura de fusión se
- 20 establece en 1180 °C y el tiempo de mantenimiento es de 30 min; y luego se produce un material de alambre de aleación mediante fundición hacia arriba, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;
- etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descuelga seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 7 mm, en el que el recocido de
- 25 ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es 49-267 °C, y el tiempo de mantenimiento es de 10 h después de alcanzar 267 °C; la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es de 267,2-766 °C, y el tiempo de mantenimiento es de 8 h después de alcanzar los 766 °C; la distancia de recocido de la primera etapa es de 0,98 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 4,12 m; y la velocidad de recocido de las dos
- 30 etapas es de 310 m/min;
- etapa (3): el material de varilla obtenido se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 0,88 mm que luego se desengrasa, se encurte con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 1,5 h antes del estiramiento plástico;
- 35 etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;
- etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre precabado que tenga un tamaño conforme, en el que el proceso de estirado-recocido se lleva a cabo recociendo el
- 40 material compuesto con corriente en una línea de estirado, la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V, la corriente de recocido es 13-43 A, y la tensión y el arco de corriente de recocido se ajustan de acuerdo con el proceso de recocido deseado;
- etapa (6): el material de alambre precabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, durante el cual el material de alambre precabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna; el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, y el laminado se lleva a cabo simultáneamente mediante un rodillo para realizar un tratamiento superficial en el material del núcleo de modo que la capa de óxido se cristalice para agrietarse; y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, que luego se somete a
- 50 un recocido de alivio de tensión a 180 °C durante 2 s, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo;
- y
- etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.
- 55 El producto de alambre de electrodo obtenido por el método de fabricación anterior tiene los siguientes parámetros:
- el material del núcleo tiene un diámetro de 0,65 mm, la capa de metal superficial puede tener un espesor de al menos 0,55 μm, el espesor máximo de las grietas es de 1,5 μm y la separación máxima de las grietas es de 17 μm; el contenido de la aleación de latón es del 48 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual al 0,38 % en peso
- 60 en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es 77 % en peso y el contenido restante es menor o igual a 0,15 % en peso en la capa metálica superficial.

Realización 2

- 65 Un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial,

en el que el material del núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal y grietas irregulares se distribuyen sobre la capa de óxido de zinc.

Un método para fabricar el alambre del electrodo comprende específicamente las siguientes etapas:

etapa (1): materias primas como el cobre, zinc, fósforo, magnesio, calcio, aluminio y tierras raras se combinan en una cierta proporción de acuerdo con la composición de la aleación, en el que el peso específico en esta realización es el siguiente: 46,530 kg de Cu, 31,780 kg de Zn, 0,503 kg de P, 0,095 kg de Mg, 0,060 kg de Ca, 2,097 kg de Al, 0,035 kg de La y 0,020 kg de Zr; después de que las materias primas sean calificadas por análisis químico, la mezcla formulada se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, en el que la temperatura de fusión se establece en 1180 °C y el tiempo de mantenimiento es de 30 min; y luego se produce un material de alambre de aleación mediante fundición hacia arriba, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;

etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descuelga seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 9,8 mm, en el que el recocido de ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es de 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es de 23 h; la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es de 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es de 33 h; la distancia de recocido de la primera etapa es de 3,78 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 11 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 570 m/min;

etapa (3): el material de varilla obtenido se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 1,65 mm que luego se desengrasa, se encurte con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 8,8 h antes del estiramiento plástico;

etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;

etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre precabado que tenga un tamaño conforme, en el que el proceso de estirado-recocido se lleva a cabo recociendo el material compuesto con corriente en una línea de estirado, la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V, la corriente de recocido es 13-43 A, y la tensión y la corriente de recocido se ajustan de acuerdo con el proceso de recocido deseado;

etapa (6): el material de alambre precabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, durante el cual el material de alambre precabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna; el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, el chorreado de un material de arena se acelera con aire comprimido como potencia mediante un dispositivo de chorreado con arena neumático, o el material de arena se chorrea con una fuerza centrífuga mediante un polipasto y una plataforma giratoria de alta velocidad, y el material de arena se chorrea sobre el material de alambre precabado de manera que la superficie se erosione hasta agrietarse; y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, que luego se somete a un recocido de alivio de tensión a 180 °C durante 2 s, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo; y

etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.

El producto de alambre de electrodo obtenido por el método de fabricación anterior tiene los siguientes parámetros:

el material del núcleo tiene un diámetro de 1,48 mm, la capa de metal superficial puede tener un espesor de al menos 10,23 µm, el espesor máximo de las grietas es de 4,5 µm y la separación máxima de las grietas es de 17 µm; el contenido de la aleación de latón es del 72 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual al 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es 87 % en peso y el contenido restante es menor o igual a 0,15 % en peso en la capa de metal superficial.

Realización 3

Un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que el material del núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal y grietas irregulares se distribuyen sobre la capa de óxido de zinc.

Un método para fabricar el alambre del electrodo comprende específicamente las siguientes etapas:

- 5 etapa (1): materias primas como el cobre, zinc, fósforo, magnesio, calcio, aluminio y tierras raras se combinan en una cierta proporción de acuerdo con la composición de la aleación; después de que las materias primas sean calificadas por análisis químico, la mezcla formulada se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, en el que la temperatura de fusión se establece en 1180 °C y el tiempo de mantenimiento es de 30 min; y luego se produce un material de alambre de aleación mediante fundición hacia arriba, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;
- 10 etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descuelga seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 7,7 mm, en el que el recocido de ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es de 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es de 17 h; la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es de 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es de 20 h; la distancia de recocido de la primera etapa es de 1,96 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 5,33 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 450 m/min;
- 15 etapa (3): el material de varilla obtenido se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 1,21 mm que luego se desengrasa, se encurte con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 3,2 h antes del estiramiento plástico;
- 20 etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;
- 25 etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre preacabado que tenga un tamaño conforme, en el que el proceso de estirado-recocido se lleva a cabo recociendo el material compuesto con corriente en una línea de estirado, la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V, la corriente de recocido es 13-43 A, y la tensión y el arco de corriente de recocido se ajustan de acuerdo con el proceso de recocido deseado;
- 30 etapa (6): el material de alambre preacabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, durante el cual el material de alambre preacabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna; el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, el chorreado con arena en seco se lleva a cabo simultáneamente, en el que el chorreado de un material de arena se acelera con aire comprimido como energía mediante un dispositivo de arenado neumático, o el material de arena se chorrea con una fuerza centrífuga mediante un polipasto y un plato giratorio de alta velocidad, y el material de arena se chorrea sobre el material de alambre preacabado de modo que la superficie se erosiona hasta agrietarse; y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, que luego se somete a un recocido de alivio de tensión a 180 °C durante 2 s, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo; y
- 35 etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.
- 40

El producto de alambre de electrodo obtenido por el método de fabricación anterior tiene los siguientes parámetros:

- 45 el material del núcleo tiene un diámetro de 0,86 mm, la capa de metal superficial puede tener un espesor de al menos 2,8 µm, el espesor máximo de las grietas es de 2,5 µm y la separación máxima de las grietas es de 17 µm; el contenido de la aleación de latón es del 55 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual al 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es 67 % en peso y el contenido restante es menor o igual a 0,15 % en peso en la capa metálica superficial.
- 50

Realización 4

- 55 Un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que el material del núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal y grietas irregulares se distribuyen sobre la capa de óxido de zinc.
- 60

Un método para fabricar el alambre del electrodo comprende específicamente las siguientes etapas:

- 65 etapa (1): materias primas como el cobre, zinc, fósforo, magnesio, calcio, aluminio y las tierras raras se combinan en una cierta proporción según la composición de la aleación; después de que las materias primas sean calificadas por análisis químico, la mezcla formulada se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, en el que la temperatura de fusión se establece en 1180 °C y el tiempo de mantenimiento es de 30 min; y luego se produce un

material de alambre de aleación mediante fundición hacia arriba, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;

etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descuelga seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 7,5 mm, en el que el recocido de ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es de 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es de 15,5 h; la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es de 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es de 20,3 h; la distancia de recocido de la primera etapa es de 2,35 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 7,78 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 450 m/min;

etapa (3): el material de varilla obtenido se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 1,45 mm que luego se desengrasa, se encurte con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 4,8 h antes del estiramiento plástico;

etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;

etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre preacabado que tenga un tamaño conforme, en el que el proceso de estirado-recocido se lleva a cabo recociendo el material compuesto con corriente en una línea de estirado, la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V, la corriente de recocido es 13-43 A, y la tensión y el arco de corriente de recocido se ajustan de acuerdo con el proceso de recocido deseado;

etapa (6): el material de alambre preacabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, durante el cual el material de alambre preacabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna; el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, y el laminado se lleva a cabo simultáneamente mediante un rodillo para realizar un tratamiento superficial en el material del núcleo de modo que la capa de óxido se cristalice para agrietarse; y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, que luego se somete a un recocido de alivio de tensión a 180 °C durante 2 s, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo;

y
etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.

El producto de alambre de electrodo obtenido por el método de fabricación anterior tiene los siguientes parámetros:

el material del núcleo tiene un diámetro de 0,96 mm, la capa de metal superficial puede tener un espesor de al menos 4,3 µm, el espesor máximo de las grietas es de 4,1 µm y la separación máxima de las grietas es de 17 µm; el contenido de la aleación de latón es del 61 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual al 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es 65 % en peso y el contenido restante es menor o igual a 0,15 % en peso en la capa metálica superficial.

Realización 5

Un alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que el material del núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal de la superficie comprende óxido de zinc y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal y grietas irregulares se distribuyen sobre la capa de óxido de zinc.

Un método para fabricar el alambre del electrodo comprende específicamente las siguientes etapas:

etapa (1): materias primas como el cobre, zinc, fósforo, magnesio, calcio, aluminio y tierras raras se combinan en una cierta proporción de acuerdo con la composición de la aleación; después de que las materias primas sean calificadas por análisis químico, la mezcla formulada se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, en el que la temperatura de fusión se establece en 1180 °C y el tiempo de mantenimiento es de 30 min; y luego se produce un material de alambre de aleación mediante fundición hacia arriba, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;

etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descuelga seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 8,0 mm, en el que el recocido de ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es de 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es de 14 h; la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es de 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es de 19 h; la distancia de recocido de la primera etapa es de 2,50 m y la distancia de recocido de la

segunda etapa es de 7,50 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 500 m/min;

etapa (3): el material de varilla obtenido se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 1,35 mm que luego se desengrasa, se encurte con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 1-8,8 h antes del estiramiento plástico;

etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;

etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre precabado que tenga un tamaño conforme, en el que el proceso de estirado-recocido se lleva a cabo recociendo el material compuesto con corriente en una línea de estirado, la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V, la corriente de recocido es 13-43 A, y la tensión y el arco de corriente de recocido se ajustan de acuerdo con el proceso de recocido deseado;

etapa (6): el material de alambre precabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, durante el cual el material de alambre precabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna; el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, y se forma una forma irregular en la superficie del material del núcleo mediante el tratamiento superficial; y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, que luego se somete a un recocido de alivio de tensión a 180 °C durante 2 s, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo; y

etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.

Opcionalmente, el laminado se lleva a cabo mediante un rodillo simultáneamente con el calentamiento para realizar un tratamiento superficial en el material del núcleo de modo que la capa de óxido se cristalice para agrietarse.

Opcionalmente, el chorreado con arena en seco se lleva a cabo simultáneamente con el calentamiento, en el que el chorreado de un material de arena se acelera con aire comprimido como energía mediante un dispositivo de chorreado con arena neumático, o el material de arena se chorrea con una fuerza centrífuga mediante un polipasto y un plato giratorio de alta velocidad, y el material de arena se chorrea sobre el material de alambre precabado de modo que la superficie se erosione hasta agrietarse.

El producto de alambre de electrodo obtenido por el método de fabricación anterior tiene los siguientes parámetros:

el material del núcleo tiene un diámetro de 1,01 mm, la capa de metal superficial puede tener un espesor de al menos 5,2 µm, el espesor máximo de las grietas es de 4,5 µm y la separación máxima de las grietas es de 17 µm; el contenido de la aleación de latón es del 61 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual al 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es 71 % en peso y el contenido restante es menor o igual a 0,15 % en peso en la capa metálica superficial.

El espesor y el contenido de zinc de las capas metálicas de la superficie y el espesor de las grietas de los alambres de los electrodos para el mecanizado por electrodeposición obtenidos mediante los métodos de fabricación de las realizaciones anteriores de la invención se enumeran a continuación:

	Diámetro del material del núcleo (mm)	Espesor de la capa superficial de metal (µm)	Contenido de óxido de zinc en la capa superficial (% en peso)	Espesor máximo de grieta (µm)
Realización 1	0,65	0,55	77	1,5
Realización 2	1,48	10,23	87	4,5
Realización 3	0,86	2,8	67	2,5
Realización 4	0,96	4,3	65	4,1
Realización 5	1,01	5,2	71	3,3

Los alambres de electrodo obtenidos para el mecanizado de electrodeposición se prueban para determinar sus propiedades mecánicas completas en un probador de tracción electrónico universal bajo control automático basado en microordenador y para determinar su conductividad eléctrica utilizando un método de puente de Wheatstone. Los

ES 2 842 330 T3

alambres de electrodo preparados se prueban para determinar su rendimiento de electroerosión utilizando acero de grado 45 como pieza de trabajo, y su rendimiento de servicio se compara con el de un alambre de electrodo de latón en el mercado en la siguiente tabla.

	Conductividad eléctrica (IACS %)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Velocidad cortante	Rugosidad de la superficie de corte/ μm	Daño al cortador
Alambre de electrodo de latón	21	1030	1	0,37	Leve
Realización 1	21	980	1,13	0,34	Leve
Realización 2	22	990	1,1	0,36	Leve
Realización 3	22	1000	1,16	0,35	Leve
Realización 4	21,8	1020	1,16	0,33	Leve
Realización 5	22,3	1010	1,18	0,33	Leve

5 Puede verse en la tabla anterior que el alambre de electrodo de la invención tiene una conductividad eléctrica mejorada en comparación con el alambre de electrodo de latón ordinario, y su rugosidad superficial se mejora ligeramente después del corte; sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la tracción, disminuyen en comparación con las del alambre de electrodo de latón ordinario, pero aún se encuentran dentro del rango numérico del alambre del electrodo en la aplicación de corte y no afectan su uso; el daño a un cortador es leve; además, su velocidad de corte se mejora en comparación con la del alambre de latón ordinario, mejorando así la eficiencia del mecanizado por electrodescarga.

10
15 Las realizaciones preferidas de la divulgación se han descrito en detalle anteriormente. Debe entenderse que los expertos ordinarios en la técnica pueden realizar muchas modificaciones y variaciones sin trabajo inventivo de acuerdo con el concepto de la invención. Por consiguiente, cualquier solución técnica que pueda ser obtenida por los expertos en la técnica según el concepto de la invención mediante análisis lógico y razonamiento o experimentación limitada basada en el estado de la técnica debe caer dentro del ámbito de protección determinado por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga, que comprende un material de núcleo y una capa de metal superficial, estando dispuesta una capa de transición entre el material de núcleo y la capa de metal superficial, en el que, el material de núcleo comprende una aleación de latón como componente principal y una cantidad equilibrada de zinc e impurezas inevitables; y la capa de metal superficial comprende óxido de zinc como componente principal y una cantidad equilibrada de cobre e impurezas inevitables, una capa de transición está dispuesta entre el material del núcleo y la capa metálica superficial, la capa de transición comprende una aleación de cobre-zinc como componente principal, y se distribuyen grietas irregulares sobre la capa de óxido de zinc; caracterizado por que el material del núcleo tiene un diámetro de 0,65-1,48 mm, la capa de metal de superficial tiene un espesor de al menos 0,45-10,23 μm , el espesor máximo de las grietas es menor o igual a 4,5 μm , y la separación máxima de las grietas es de 17 μm .
2. El alambre de electrodo para el mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 1, en el que el contenido de la aleación de latón es un 48-72 % en peso y el contenido de impurezas es menor o igual a un 0,38 % en peso en el material del núcleo; y el contenido de óxido de zinc es de un 65-87 % en peso y el contenido restante es menor o igual a un 0,15 % en peso en la capa de metal superficial.
3. Un método para fabricar el alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 1 o 2, que comprende las siguientes etapas:
- etapa (1): después de que las materias primas que contienen cobre y zinc se califican mediante análisis químico, las materias primas se combinan y mezclan, la mezcla resultante se carga en un horno de inducción de frecuencia de línea para fundir, y se produce un material de alambre de aleación mediante colada ascendente, en el que la temperatura durante la fundición aumenta gradualmente desde una temperatura de precalentamiento de 60 °C hasta una temperatura máxima de 679 °C;
- etapa (2): el material de alambre de aleación fabricado se descortezza seguido de laminación en frío y recocido de ablandamiento para fabricar un material de varilla con una especificación de 7-9,8 mm;
- etapa (3): la varilla obtenida se somete a estirado plástico de diferentes pasadas para fabricar un núcleo base de 0,88-1,65 mm que luego se desengrasa, se decapa con ácido y se enjuaga con agua para eliminar las impurezas externas;
- etapa (4): la electrodeposición se realiza en el núcleo de la base mediante recubrimiento químico, revestimiento por pulverización o chapado en caliente para obtener un material compuesto que tiene una capa de óxido de zinc depositada sobre su superficie;
- etapa (5): el material compuesto se somete a un proceso de estirado-recocido para obtener un material de alambre preacabado que tenga un tamaño conforme, en el que la velocidad de estiramiento es de 800-2800 m/min, la tensión de recocido es 27-121 V y la corriente de recocido es 13-43 A;
- etapa (6): el material de alambre preacabado obtenido se somete a un tratamiento superficial, el zinc se funde a una temperatura de 230-520 °C mediante un flujo de aire caliente interno, se forma una forma irregular en la superficie del material del núcleo mediante el tratamiento superficial, y mientras tanto, la temperatura aumenta gradualmente para formar un revestimiento compuesto de cobre y zinc, obteniendo así finalmente un producto de alambre de electrodo;
- etapa (7): se toma el alambre del electrodo, se califica mediante inspección de calidad, luego se empaqueta y se transporta.
4. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 3, en el que el recocido de ablandamiento se lleva a cabo mediante un método de recocido de dos etapas, en el que la primera etapa es una etapa de recocido a baja temperatura, la temperatura es 49-267 °C y el tiempo de mantenimiento es 1,7-23 h; y la segunda etapa es una etapa de recocido a alta temperatura, la temperatura es 267,2-766 °C y el tiempo de mantenimiento es 2,3-33 h.
5. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 4, en el que la distancia de recocido de la primera etapa es de 0,98-3,78 m y la distancia de recocido de la segunda etapa es de 4,12-11 m; y la velocidad de recocido de las dos etapas es de 7-570 m/min.
6. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 3, en el que el material de varilla se somete a tratamiento térmico a una temperatura de 53-600 °C durante 1-8,8 h antes del estiramiento plástico.
7. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 3, en el que en el tratamiento superficial, el material de alambre preacabado se calienta en un horno de calentamiento que está provisto de una bobina conductora que rodea una tubería cerrada, la bobina conductora recibe energía mientras se realiza el calentamiento, y la fuente de energía suministra una tensión alterna.
8. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 7, en el que el laminado se lleva a cabo mediante un rodillo simultáneamente con el calentamiento para realizar un

tratamiento superficial sobre el material del núcleo de modo que la capa de óxido se cristalice para agrietarse.

5 9. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 7, en el que el chorreado con arena en seco se lleva a cabo simultáneamente con el calentamiento, y se chorrea un material de arena sobre el material de alambre precabado de manera que la superficie se erosiona hasta agrietarse.

10 10. El método de fabricación del alambre de electrodo para mecanizado por electrodescarga según la reivindicación 9, en el que el chorreado con arena en seco se utiliza para acelerar el chorreado del material de arena con aire comprimido como potencia mediante un dispositivo de chorreado con arena neumático, o para chorrear el material de arena con una fuerza centrífuga mediante un polipasto y un plato giratorio de alta velocidad.