

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 253**

51 Int. Cl.:

B23D 61/18 (2006.01)

B23D 65/00 (2006.01)

B24D 18/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2014 PCT/FR2014/050911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14184457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2014 E 14722699 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2996831**

54 Título: **Hilo abrasivo de aserrado, procedimiento de fabricación y utilización**

30 Prioridad:

14.05.2013 FR 1354310

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

20.09.2017

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (50.0%)
25, Rue Leblanc, Bâtiment
75015 Paris, FR y
THERMOCOMPACT (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LY, MICHEL;
SANCHEZ, GÉRALD y
WEBER, XAVIER**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

Observaciones:

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o
Bemerkungen) en el folleto original publicado por
la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 633 253 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Hilo abrasivo de aserrado, procedimiento de fabricación y utilización

5 **Ámbito de la invención**

La presente invención se refiere a un hilo abrasivo que comprende un alma de acero y partículas abrasivas que se mantienen sobre el alma por medio de un aglutinante a partir de una aleación de Ni/Co según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 El ámbito de utilización de la presente invención se refiere especialmente al aserrado de materiales tales como silicio, zafiro o carburo de silicio.

15 **Estado anterior de la técnica**

Un hilo de este tipo es conocido a partir del documento EP 2 572 818 A1.

De forma general, el corte de materiales duros tales como las obleas de silicio se puede realizar por medio de un hilo (acero) que presenta en su periferia partículas abrasivas (diamante por ejemplo).

20 Para resolver las eventuales roturas del hilo, la técnica anterior preconiza la utilización de un hilo de acero de fuerte contenido en carbono.

25 Las partículas abrasivas son unidas al hilo por medio de una capa de aglutinante de resina o de metal. Este aglutinante mantiene las partículas en la superficie del hilo de manera que le confieren propiedades abrasivas.

De manera general, y contrariamente al aglutinante, las partículas son de un material más duro que el material que se va a cortar.

30 En efecto, en el momento de la primera utilización del hilo, el aglutinante es erosionado en parte para dejar aparecer las partículas abrasivas. El aserrado del material se realiza entonces por pasadas repetidas del hilo de corte sobre la superficie del material que se va a cortar, es decir por rozamiento de las partes que sobresalen de las partículas abrasivas sobre el material.

35 Una vez expuestas las partes que sobresalen de las partículas abrasivas, el aglutinante deja de estar en contacto directo con el material que se va a cortar. Sin embargo, se puede utilizar según los dos mecanismos siguientes:

40 - por deformación mecánica: en el momento del aserrado de un material, las partículas abrasivas son colocadas alternativamente hacia delante y hacia atrás y según la dirección principal del hilo. Este movimiento es la consecuencia directa del rozamiento con el material en curso de corte. Así, el aglutinante se deforma un poco en cada movimiento. Al final del corte, el aglutinante puede estar localmente demasiado deformado como para retener eficazmente las partículas abrasivas en la superficie del hilo.

45 - por abrasión/erosión: este mecanismo resulta de la presencia de fragmentos de material que se va a cortar que se encuentran entre el aglutinante, que se desplaza con el hilo, y el material que se va a cortar. En razón de los movimientos de aserrado, los fragmentos del material erosionan el aglutinante, lo que tiene por consecuencia una disminución progresiva de su grosor. Al final del corte, el aglutinante no es lo suficientemente grueso como para retener las partículas abrasivas en la superficie del hilo de manera eficaz. Las partículas abrasivas se desprenden, lo que reduce progresivamente el poder abrasivo del hilo y por lo tanto su capacidad de cortar un material.

50 De forma general, la deformación mecánica es un fenómeno más importante que la abrasión del aglutinante.

55 A fin de retrasar, incluso de eliminar el deterioro de las propiedades abrasivas del hilo, han sido desarrollados aglutinantes a partir de aleaciones mecánicas. Éstos se han revelado que presentan propiedades de duración superiores a aquéllas de una resina.

60 Así, para limitar el desgaste del hilo, puede ser utilizado un aglutinante a partir de una aleación de níquel y de fósforo. Este aglutinante se deposita químicamente en la superficie del hilo de manera que recubre los granos abrasivos. Además, su duración es superior a aquélla del níquel puro.

A fin de limitar la fisura de la capa de unión, el documento 2 428 317 preconiza limitar los contenidos de azufre, oxígeno e hidrógeno en el depósito electrónico de níquel.

Finalmente, para resolver las eventuales roturas del hilo, la técnica anterior preconiza la utilización de un hilo de acero de fuerte contenido en carbono. Sin embargo, los hilos de acero son sensibles a la corrosión, en particular cuando existe un contacto electrolítico entre el acero y un metal más noble, tal como el cobre, el níquel o el cobalto.

5 Este contacto electrolítico se puede realizar cuando se fisura el aglutinante y cuando el hilo está en contacto con agua. Estas condiciones algunas veces se cumplen en el momento de la operación de corte. El hilo está tenso (y su capa de metal aglutinante se puede fisurar entonces) y es regado por el agua.

10 Existe por lo tanto la necesidad de desarrollar alternativas a estos aglutinantes, a fin de asegurar especialmente la retención de los granos abrasivos sobre el alma de un hilo abrasivo pero igualmente controlar el desgaste del aglutinante. Tal es el problema técnico que la presente invención se propone resolver.

Exposición de la invención

15 Los solicitantes han puesto a punto un hilo en la superficie del cual partículas abrasivas se mantienen por medio de un aglutinante.

20 Además, el aglutinante protege el alma del hilo de un desgaste prematuro en el momento de su utilización. Su composición específica permite mejorar la resistencia a la deformación mecánica, pero igualmente la resistencia a la abrasión en el momento de las operaciones de corte y todo ello minimizando las pérdidas de partículas abrasivas.

Así, el aglutinante presenta simultáneamente propiedades de dureza y de resistencia a la abrasión.

25 Más precisamente, el objeto de la presente invención concierne a un hilo abrasivo según la reivindicación 1 que comprende un alma de acero y un revestimiento exterior que comprende un aglutinante y partículas abrasivas, dicho aglutinante estando constituido por lo menos por una capa de aleación de níquel/cobalto cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso con relación al peso de la aleación de Ni/Co, de forma ventajosa entre el 37 y el 65%.

30 Como ya se ha indicado, el aglutinante permite mantener las partículas abrasivas en la periferia del alma de acero. Así, las partículas abrasivas esencialmente no presentan un grado de libertad sobre dicha alma. De manera ventajosa, las partículas no presentan grado alguno de libertad sobre el alma de acero, especialmente en el momento de la utilización del hilo abrasivo según la invención.

35 En efecto, el aglutinante de aleación Ni/Co cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20 y el 85% en peso, confiere una mejor retención de las partículas sobre el alma con relación a los aglutinantes de resina de la técnica anterior. Presenta propiedades de dureza y de resistencia a la abrasión que permite mantener más eficazmente las partículas en su sitio, igualmente en el momento de la utilización del hilo en el transcurso de las operaciones de corte.

40 Las partículas abrasivas pueden estar en contacto directo con el alma de acero, pero igualmente pueden estar, de manera ventajosa, separadas del alma por una fina capa de aglutinante. Éste es especialmente el caso cuando se emplea el procedimiento descrito en la figura 1.

45 El aglutinante recubre por lo menos parcialmente las partículas abrasivas.

De preferencia, el aglutinante no se debe fisurar durante la utilización del hilo. En otros términos, cuando se pone el hilo en tensión, en el límite de su rotura, la superficie del aglutinante no se debe fisurar.

50 Según un modo de realización particular, el revestimiento exterior comprende por lo menos una capa complementaria de aglutinante de una aleación de Ni/Co, cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso, ventajosamente entre el 37 y el 65%. El aglutinante por lo tanto se puede presentar bajo la forma de una capa única o de una multitud de capas, ventajosamente dos capas.

55 Por "capa" se comprende una envoltura del hilo, de composición homogénea. Así, dos capas se distinguen una de la otra por su diferencia en la composición química, o por la presencia de abrasivo en una de ellas únicamente.

Estas capas de aglutinante pueden estar constituidas por aleaciones de Ni/Co diferentes unas de las otras.

60 La primera capa de aglutinante, en contacto con el alma de acero, puede presentar una dureza superior a aquella de la capa, o de las capas complementarias, a fin de asegurar el mantenimiento de las partículas abrasivas sobre el hilo.

65 Por el contrario, la capa o las capas complementarias de aglutinante (capas exteriores) de forma ventajosa son muy resistentes a la abrasión, pero también dúctiles a fin de evitar la fisura del aglutinante en el momento de someterlo a la tensión mecánica del hilo. Para esto, es preferible que la capa de aglutinante exterior tenga una ductilidad suficiente. A este respecto, se puede observar si la ductilidad de la capa exterior es suficiente, sometiendo al hilo a

un simple ensayo de tracción, hasta su rotura. La capa exterior suficientemente dúctil es generalmente continúa sobre su integridad, salvo las zonas de estricción por una parte y por la otra de la rotura.

5 Según un modo de realización particular, el hilo abrasivo comprende un alma de acero y un revestimiento exterior que comprende un aglutinante y partículas abrasivas. El aglutinante está constituido, en este caso particular, por dos capas de aglutinante de aleación de níquel/cobalto, cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso, con relación al peso de la aleación de Ni/Co (independientemente una capa de la otra). La segunda capa de aglutinante que recubre la primera capa de aglutinante adyacente al alma de acero, es una aleación de Ni/Co que contiene más cobalto que la primera capa de aglutinante. Así, la capa de aglutinante exterior (segunda capa) presenta propiedades de resistencia a la abrasión superior en atención al elevado porcentaje de cobalto. Además, la primera capa presenta propiedades de dureza superiores a aquéllas de la aleación de aglutinante de la segunda capa en razón de su composición adaptada.

15 Según otro modo de realización particular, la dureza del aglutinante de la aleación Ni/Co puede ser mejorada por la introducción de azufre. Esto se puede poner en práctica especialmente según el procedimiento descrito más adelante en este documento, por la introducción de sacarinato de sodio ($C_7H_4NO_3S$, Na, $2H_2O$) en el baño del electrolito que permite formar la capa de aglutinante.

20 Así, la aleación Ni/Co puede contener de 100 a 1000 ppm (partes por millón) en peso de azufre, de preferencia de 300 a 700 ppm.

25 Es preferible que sólo la primera capa de aglutinante contenga azufre. En efecto, la adición de azufre aumenta la dureza del aglutinante, pero disminuye la ductilidad. Un contenido en azufre elevado de la capa exterior puede provocar una fisura del revestimiento cuando el hilo está tenso en la zona de corte. Esta fisura deja pasar el agua y ella pone en contacto electrolítico el acero del alma del hilo con el metal aglutinante. Ello resulta en una corrosión del alma del hilo. El hilo se convierte progresivamente en inutilizable.

30 El aglutinante, ya sea mono capa o de múltiples capas, especialmente se puede obtener por depósitos electrolíticos sucesivos de aleaciones Ni/Co.

La aleación que constituye cada una de las capas de aglutinante de forma ventajosa presenta una dureza comprendida entre 300 y 800 Hv, de forma ventajosa entre 300 y 500 Hv.

35 La dureza de una capa de metal aglutinante se mide con la ayuda de un micro durómetro según las técnicas que forman parte de los conocimientos generales de una persona experta en la materia. Un penetrador Vickers se emplea generalmente, con una carga compatible con el grosor de la capa. Esta carga generalmente está comprendida entre 1 g de fuerza y 100 g de fuerza. Si la huella dejada por el penetrador Vickers tiene un tamaño demasiado grande con relación al grosor de la capa (igual con una carga débil), se puede emplear un penetrador Knoop (más estrecho) y convertir el valor de dureza Knoop en dureza Vickers con la ayuda de una tabla de conversión.

45 Las partículas abrasivas que aseguran el corte de los materiales, pueden ser especialmente de un material escogido de entre el grupo que comprende el carbono de silicio SiC; la sílice SiO₂; el carburo de tungsteno WC; el nitruro de silicio Si₃N₄; el nitruro de boro cúbico cBN; el dióxido de cromo CrO₂; el óxido de aluminio Al₂O₃; los diamantes y los diamantes previamente revestidos de níquel, hierro, cobalto, cobre, o titanio o sus aleaciones.

Según un modo de realización particular, el hilo abrasivo puede comprender diversos tipos de partículas abrasivas distintas.

50 Una persona experta la materia sabrá escoger la combinación adecuada aglutinante/partículas abrasivas en función del material que se vaya a cortar.

55 Según un modo de realización particular, las partículas abrasivas están constituidas por granos recubiertos de una película, que puede ser distinta del aglutinante. Esta película recubre por lo menos parcialmente cada grano, de forma ventajosa integralmente. Los materiales que recubren los granos de diamante son por ejemplo el níquel, el cobalto, el hierro, el cobre, o bien el titanio.

60 El diámetro total de las partículas, es decir del grano y si llega el caso de la película, de forma ventajosa está comprendido entre 1 micra y 500 micras. Preferiblemente es inferior al tercio del diámetro del alma de acero. Así, según un modo de realización particular, el diámetro de las partículas puede estar comprendido entre 10 y 22 micras para un alma que presente un diámetro de 0,12 mm.

65 Por diámetro se entiende el diámetro más grande (o la dimensión más grande) de las partículas cuando aquéllas no son esféricas.

De manera ventajosa, la película que recubre el grano es de un material ferromagnético a la temperatura de fabricación del hilo abrasivo (depósito electrolítico de partículas abrasivas, véase el procedimiento descrito más adelante en este documento). El níquel, el hierro y el cobalto son ejemplos. Estos metales se pueden alea entre ellos y pueden contener también elementos endurecedores como el azufre y el fósforo. Se debe observar que el fósforo disminuye el ferromagnetismo del níquel y que, en este caso, hace falta limitar la concentración.

Además, el material que forma la película de forma ventajosa es conductor eléctrico.

La película recubre por lo menos parcialmente las partículas abrasivas, de forma ventajosa integralmente. Sin embargo, en el transcurso de la utilización del hilo abrasivo según la invención, la parte del grano en contacto con el material que se va a cortar está desprovista de película, ésta siendo erosionada desde las primeras operaciones de corte, de la misma manera que el aglutinante.

La masa de la película, con relación a la masa total de los granos revestidos, de forma ventajosa está comprendida entre el 10% y el 60%, en el caso de granos de diamante.

Esta película puede ser especialmente depositada sobre los granos previamente a la utilización de los granos/partículas abrasivas en el procedimiento de fabricación del hilo. Las técnicas que se pueden poner a punto para el depósito de una película sobre cada uno de los granos incluyen especialmente la pulverización catódica ("Sputtering"), pero igualmente la electrólisis, el depósito químico en fase vapor (CVD del inglés "Chemical Vapor Deposition") y el depósito electroquímico sin corriente ("Electroless Nickel Plating").

Generalmente, se puede observar que del 5 al 50% de la superficie del hilo abrasivo está ocupada por partículas abrasivas (eventualmente recubiertas por una capa de aglutinante, cuando el hilo está nuevo).

De manera general, el alma de acero del hilo abrasivo según la invención es un hilo que presenta una sección transversal circular. Se trata de un hilo de acero cuyo diámetro de forma ventajosa está comprendido entre 70 micras y 1 mm.

Una persona experta la materia sabrá adaptar el diámetro del alma en función del material que deba ser cortado. Así, un alma cuyo diámetro esté comprendido entre 200 micras y 1 mm está particularmente adaptada para cortar ladrillos de silicio en lingotes. Por el contrario, un alma cuyo diámetro esté comprendido entre 70 y 200 micras está particularmente adaptada para cortar obleas de silicio en ladrillos.

El alma del hilo abrasivo se presenta generalmente bajo la forma de un hilo cuya resistencia a la tracción de forma ventajosa es superior a 2000 o 3000 MPa, más generalmente, inferior a 5000 MPa.

Por otra parte, el alma puede presentar un alargamiento a la rotura, es decir un aumento de la longitud del alma antes de que ésta se rompa, de forma ventajosa superior al 1% todavía de forma más ventajosa superior al 2%. No obstante, permanece preferentemente inferior al 10 o el 5%.

De manera ventajosa, el alma del hilo es de un material conductor eléctrico, es decir un material cuya resistividad es inferior a 10^{-5} Ohm.m a 20 °C y especialmente de acero.

El alma de acero puede especialmente ser de un material escogido a partir del grupo que comprende acero al carbono, acero inoxidable ferrítico, acero inoxidable austenítico y acero latonado. El acero al carbono contiene preferentemente entre 0,6 y 0,8% en peso de este elemento.

La presente invención concierne igualmente al procedimiento de fabricación del hilo abrasivo descrito en este documento según la reivindicación 7.

Este procedimiento comprende especialmente las etapas siguientes:

- depósito electrolítico sobre un alma de acero (hilo de acero) de un revestimiento que comprende un aglutinante y partículas abrasivas eventualmente magnéticas, dicho aglutinante estando constituido por una capa de aleación de níquel/cobalto cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso con relación al peso de la aleación Ni/Co, por el paso por el interior de un baño (B₁) de electrolito que comprende por lo menos iones cobalto II y de níquel II y partículas abrasivas;

- opcionalmente, depósito electrolítico de una capa complementaria de aglutinante por el paso por el interior de un baño (B₂) de electrolito que comprende por lo menos iones de cobalto II y de níquel II, dicha capa complementaria siendo de aleación de Ni/Co cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso.

En la práctica, generalmente son introducidos iones Co²⁺ y Ni²⁺. Sin embargo, pueden coexistir otros grados de oxidación, pero, de manera general, son muy minoritarios en concentración en el interior de los baños de electrólisis.

De manera ventajosa, el procedimiento puede comprender por lo menos una de las siguientes etapas, antes del depósito electrolítico:

- 5
- desengrasado del alma de acero en un medio alcalino;
 - decapado del alma de acero en un medio ácido.

10 Cuando este procedimiento comprende un segundo depósito electrolítico de aleación de cobalto y de níquel, el baño (B₂) puede presentar una composición en iones de níquel y de cobalto distinta de aquella del baño (B₁). Este baño de forma ventajosa está desprovisto de partículas abrasivas.

Según un modo de realización particular, la segunda capa puede ser de cobalto puro, metal que resiste bien la abrasión.

15 Como ya se ha indicado, el aglutinante puede comprender por lo menos dos capas. La o las capas eventuales que recubren la segunda capa se pueden obtener ya sea por reiteración del paso por el interior del baño (B₂), ya sea por el paso por el interior de por lo menos otro baño electrolítico que comprenda iones Co II y Ni II.

20 Típicamente, los baños (B₁) y (B₂), y si es el caso los otros baños, comprenden, independientemente unos de los otros, entre 1 y 150 g/L de ion de cobalto II y entre 50 y 150 g/L de iones de níquel II.

Por otra parte, el baño (B₁) comprende entre 1 y 100 g/L de partículas abrasivas.

25 Como ya se ha indicado, la dureza del aglutinante igualmente se puede mejorar por la incorporación de azufre en el interior de la primera capa de aglutinante y/o si es el caso en el interior de por lo menos una de las capas complementarias. De preferencia, no se trata de la capa exterior.

30 Así, el azufre puede ser introducido especialmente por adición de sacarinato de sodio (C₇H₄NO₃S, Na, 2H₂O) en el interior del baño de electrolito que permite formar el aglutinante. La cantidad introducida puede estar comprendida entre 1 y 10 g/L, de forma ventajosa del orden de 5 g/L.

Como ya se ha dicho, para más detalles sobre las etapas del procedimiento así como el dispositivo de puesta en práctica, el lector es invitado a conocer la solicitud de patente cuyo número de sollicitación es FR 12 53017.

35 La invención concierne igualmente a la utilización según la reivindicación 10 del hilo abrasivo descrito antes en este documento, para serrar un material que especialmente puede estar escogido entre el grupo que comprende el silicio, el zafiro y el carburo de silicio. El hilo abrasivo puede ser llevado a la práctica en el ámbito de la producción de obleas de silicio.

40 La persona experta en la materia sabrá adaptar el hilo abrasivo en función del material que se va cortar. Más particularmente, las partículas abrasivas se escogen de manera que sean más duras que el material que se va a cortar.

45 La invención y las ventajas que se derivan se pondrán de manifiesto mejor a partir de las figuras y de los siguientes ejemplos proporcionados a fin de ilustrar la invención y no de manera limitativa.

Descripción de las figuras

50 La figura 1 ilustra un dispositivo que permite obtener el hilo abrasivo según un modo de realización particular de la invención.

La figura 2 ilustra una vista en corte del hilo abrasivo según un modo de realización particular de la invención.

55 La figura 3 ilustra una vista en corte de una partícula abrasiva del hilo abrasivo según un modo de realización particular de la invención.

Descripción detallada de la invención

60 El dispositivo (2) ilustrado en la figura 1 permite poner en práctica un modo de realización particular del procedimiento de depósito electrolítico sobre un hilo (4) de acero para preparar el hilo abrasivo (3) según la presente invención.

El procedimiento comprende especialmente las siguientes etapas:

- 65
- desenrollado de un alma de acero (4) (hilo de acero) almacenado bajo la forma de una bobina (24), según la dirección de la flecha F;

- opcionalmente, desengrasado del alma de acero (4) en un medio alcalino;
 - opcionalmente, decapado del alma de acero (4) en un medio ácido;
- 5 - opcionalmente el paso del alma de acero (4) por el interior de un dispositivo de imantación (26) que aplica un campo magnético, cuya intensidad de forma ventajosa es superior a 800 A/m. El alma (4) es imantada así de manera permanente;
- 10 - depósito electrolítico sobre el alma de acero de un revestimiento que comprende un aglutinante y partículas abrasivas, dicho aglutinante siendo una aleación de níquel/cobalto cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso con relación al peso de la aleación Ni/Co, por el paso por el interior de un baño (B₁) (36) de electrolito (38) que comprende por lo menos iones de cobalto II y de níquel II, y partículas abrasivas (6);
- 15 - opcionalmente, depósito electrolítico de una segunda capa aglutinante por el paso por el interior de un baño (B₂) de electrolito (52) que comprende por lo menos iones de cobalto II y de níquel II;
- obtención del hilo abrasivo (3);
- 20 - opcionalmente almacenaje del hilo abrasivo (6), de forma ventajosa bajo la forma de una bobina (68) por medio de un motor (70).

El dispositivo (2) puesto en práctica comprende una fuente (28) que genera una corriente de electrolisis i_e . El borne positivo de la fuente (28) está conectado al electrodo (40) situado en el interior del baño (B₁) (36) del electrolito (38) que está contenido en el interior del recipiente (34). El borne negativo de la fuente (28) está conectado a dos poleas conductoras (30) y (48) colocadas a un lado y el otro del recipiente (34) a través de los conductores eléctricos (32) y (46). Las dos poleas conductoras (30) y (48) permiten asegurar dos puntos (A) y (B) de contacto mecánico con el alma de acero (4) que está así conectada al borne negativo de la fuente (28).

De manera ventajosa, se pueden emplear dos fuentes de corriente (28A y 28B). Sus bornes negativos respectivos están conectados juntos a las poleas conductoras (30) y (48).

El borne positivo del generador (28A) está conectado a un ánodo (40A) constituido de níquel.

El borne positivo del generador (28B) está conectado a un ánodo (40B) constituido de cobalto.

Suponiendo que el contenido en cobalto en el interior del depósito de aleación de níquel y de cobalto debe ser del 20%, es preferible hacer pasar un 20% de corriente en el interior del generador (28B) conectado al ánodo de cobalto (40B) y el 80% de corriente al interior del generador (28A) conectado al ánodo de níquel (28A). Para mayor claridad, la figura 1 representa un dispositivo que comprende un sólo generador de corriente eléctrica y un sólo ánodo en el interior del baño (B₁) (36).

En una opción, el dispositivo (2) comprende además un aparato de imantación (44) de las partículas abrasivas (6) y del alma de acero (4) una vez ésta sumergida en el interior del baño (B₁) (36). Está colocado por encima del baño (B₁) (36).

En una opción, las partículas abrasivas puestas en práctica son magnéticas a fin de permitir el depósito electrolítico del revestimiento exterior sobre el alma de acero. También pueden ser atraídas por el alma de acero que se magnetiza en el transcurso de este procedimiento.

Como ya se ha precisado, las propiedades magnéticas de las partículas abrasivas pueden provenir especialmente de una película magnética que las recubre.

El alma de acero está también recubierta de un revestimiento constituido por aglutinante y partículas abrasivas por depósito electrolítico en el momento del paso por el interior del baño (B₁).

Según un modo de realización particular, una segunda capa de aglutinante puede ser depositada a continuación sobre el alma de acero, por el paso por el interior del segundo baño (B₂) (52).

Este segundo baño (B₂) (52) que está contenido en el interior del recipiente (50) comprende un electrolito. De forma ventajosa está desprovisto de partículas abrasivas.

La etapa del depósito electrolítico de la segunda capa de aglutinante consiste especialmente en sumergir el alma de acero recubierta de una primera capa de aglutinante y de partículas abrasivas en el interior de un baño en el interior del cual está dispuesto un electrodo (54) conectado al borne positivo de una segunda fuente (56) de corriente.

65

El borne negativo de la segunda fuente (56) de corriente está conectado a dos poleas conductoras (62) y (64) situadas a un lado y el otro del recipiente (50) que contiene el segundo baño (B₂) (52) a través de los dos conductores eléctricos (58) y (60).

5 De manera ventajosa, se pueden emplear dos fuentes de corriente (56A y 56B). Sus bornes negativos respectivos están conectados juntos a las poleas conductoras (62) y (64).

El borne positivo del generador (56A) está conectado a un ánodo (54A) constituido de níquel.

10 El borne positivo del generador (56B) está conectado a un ánodo (54B) constituido de cobalto.

Suponiendo que el contenido en cobalto en el interior del depósito de aleación de níquel y de cobalto debe ser del 85%, habrá interés en hacer pasar un 85 % de corriente por el interior del generador (56B) conectado al ánodo de cobalto (54B) y el 15 % de corriente al interior del generador (56A) conectado al ánodo de níquel (54A). Para mayor claridad, la figura 1 representa un dispositivo que comprende un sólo generador de corriente eléctrica y un sólo ánodo en el interior del baño (B₂) (52).

Las poleas conductoras (62) y (64) permiten asegurar la conexión entre el alma (4) de acero y el borne negativo de la segunda fuente (56) de corriente a los puntos de contacto (C) y (D).

20 A la salida del paso por el interior del segundo baño de electrolito, se obtiene el hilo abrasivo (3). Puede ser almacenado bajo la forma de una bobina (68).

Como ya se ha indicado, el dispositivo (2) está descrito más en detalle en la solicitud de patente cuyo número de solicitud es FR 12 53017.

Como muestra la figura 2, el hilo abrasivo (3) según la invención presenta un alma (4) revestida por una primera capa (10) de aglutinante que recubre parcialmente las partículas abrasivas (6).

30 Según este modo de realización particular, el hilo abrasivo comprende además una segunda capa (12) de aglutinante que recubre las partículas abrasivas (6). Esta segunda capa de aglutinante de forma ventajosa es más resistente a la abrasión que la primera capa. Por otra parte, la segunda capa (12) de aglutinante de forma ventajosa es menos dura y más dúctil que la primera capa (10) que recubre el alma de acero (4).

35 Las dos capas (10) y (12) y las partículas abrasivas (6) constituyen el revestimiento exterior (8) del hilo abrasivo (3).

Según un modo de realización particular, la partícula abrasiva (6) comprende un grano abrasivo (16) recubierto por una película (18) (figura 3). Esta película de forma ventajosa está realizada de un material magnético a fin de facilitar el depósito electrolítico de las partículas sobre el alma de acero (4). En efecto, el depósito electrolítico del revestimiento exterior de forma ventajosa se pone en práctica en presencia de partículas magnéticas.

Ejemplos de realización de la invención

45 Varios hilos abrasivos (ejemplos 1 - 9) han sido preparados a partir de un alma de acero en el estado endurecido en frío. El alma de acero comprende un 0,8% de carbono, presenta un diámetro de 0,12 mm.

Modo operativo:

Estos hilos han sido preparados según las etapas siguientes:

50 (1) desengrasado del alma de acero en un medio alcalino;

(2) decapado del alma de acero en un medio ácido;

55 (3) depósito electrolítico por el paso del alma de acero por el interior de un primer baño de electrolito (B₁) que comprende partículas abrasivas, de manera que se forma una primera capa exterior;

(4) opcionalmente, segundo depósito electrolítico por el paso del alma de acero por el interior de un segundo baño de electrolito (B₂), de manera que se forma una segunda capa exterior.

60 Las composiciones respectivas de los baños de electrolito (B₁) y (B₂) se han ajustado en función de los ejemplos. Se trata de baños acuosos.

Por ejemplo, el baño de electrolito (B₁) según el ejemplo 9 contiene:

- 100 g/L de Ni²⁺ bajo la forma de sulfamato de nickel y de cloruro de níquel;
- 5 - 4 g/L de Co²⁺ bajo la forma de sulfamato de cobalto;
- 15 g/L de Cl⁻ bajo la forma de cloruro de níquel;
- 35 g/L de H₃BO₃ (ácido bórico);
- 10 - 2 mL/L de agente humectante UNW 89 (de la empresa Mc Dermid), constituido entre otras cosas por lauril sulfato de sodio;
- 20 g/L de diamantes previamente niquelados que presentan un diámetro de 12 a 22 micras y que contienen
- 15 aproximadamente el 50% en peso de níquel.

El pH de este baño (B₁) se ajusta a 3,8 por la adición de ácido sulfámico.

El baño de electrolito (B₂) según el ejemplo 9 contiene:

- 20 - 100 g/L de Ni²⁺ bajo la forma de sulfamato de nickel y de cloruro de níquel;
- 30 g/L de Co²⁺ bajo la forma de sulfamato de cobalto;
- 25 - 15 g/L de Cl⁻ bajo la forma de cloruro de níquel;
- 35 g/L de H₃BO₃ (ácido bórico).

El pH de este baño (B₂) se ajusta a 3,8 por la adición de ácido sulfámico.

30 Las condiciones del tratamiento del alma de acero en el interior de los baños (B₁) y (B₂) son idénticas y son las siguientes:

- 35 - temperatura: 55 °C;
- velocidad del hilo: 5 m/min;
- densidad de corriente: 2 A/dm².

40 Los hilos según los ejemplos 1 a 8 de la tabla 1 han sido preparados según las etapas (1) a (3) de este modo operativo ajustando la cantidad de cobalto y de níquel. Únicamente se ha realizado el paso por el interior del baño (B₁).

45 Por el contrario, el hilo según el ejemplo 9 ha estado preparado según las etapas (1) y (4) del modo operativo. El aglutinante de este hilo por lo tanto está constituido por dos capas.

Resultados:

50 La dureza de las capas de aglutinantes de estos hilos según los ejemplos 1 - 9 han sido medidas según las técnicas conocidas (micro dureza Vickers).

55 La resistencia a la abrasión de las capas de aglutinante se evalúa a partir de plaquitas sobre las cuales han sido previamente depositadas (en las mismas condiciones electroquímicas que para los hilos abrasivos). Estas plaquitas han sido colocadas en el interior de un tribómetro de bolas de acero duro inoxidable, en seco, sin lubricación. Se ha observado el volumen del depósito erosionado. Un pequeño volumen erosionado corresponde a una buena resistencia a la abrasión.

Las condiciones experimentales puestas en práctica para preparar los hilos según los ejemplos 1 - 9 se especifican en la tabla siguiente. Comprenden especialmente:

- 60 - las concentraciones respectivas en iones Ni²⁺ y Co²⁺ en el interior del electrolito, en gramos por litro;
- la concentración de cobalto en el interior del depósito (aglutinante) - el resto estando constituido por níquel y trazas de oxígeno, hidrógeno y azufre;
- 65 - la dureza del depósito, expresada en Vickers (Hv);

- la resistencia a la abrasión del depósito contra una pieza de acero duro.

Los hilos según los ejemplos 1 - 8 presentan una sola capa de aglutinante cuyo espesor es igual a 8 micras.

- 5 El hilo según el ejemplo 9 presenta una primera capa de aglutinante cuyo grosor es igual a 8 micras y una segunda capa de aglutinante cuyo grosor es también igual a 8 micras.

Tabla 1: dureza y resistencia a la abrasión de hilos abrasivos según la invención (INV) y contra ejemplos (CE)

Ejemplos	Ni ²⁺ (g/l)	Co ²⁺ (g/l)	Cobalto en el depósito (% en peso)	Dureza del depósito (Hv)	Resistencia a la abrasión del depósito
1 (CE)	100	0	0	250	Mala
2 (CE)	100	2	10	280	Mala
3 (INV)	100	4	20	300	Media
4 (INV)	100	10	37	350	Media
5 (INV)	100	15	65	350	Media
6 (INV)	100	30	85	300	Buena
7 (CE)	0	100	100	250	Buena
8 ⁽ⁱ⁾ (INV)	100	4	20	500	Buena pero débil ductilidad
9 ⁽ⁱⁱ⁾ (INV)	B ₁	100	4	20	Buena
	B ₂	100	30	85	No medida

10

⁽ⁱ⁾ adición de 5 g/L de sacarinato de sodio, C₇H₄NO₃S, Na, 2H₂O en el baño B₁.

15

Por SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry), se han medido 3·10¹⁹ átomos/cm³ de azufre, ya sea aproximadamente 300 ppm (partes por millón, másicas). La presencia de fisuras en el momento del ensayo de tracción sobre el hilo según el ejemplo 8.

20

⁽ⁱⁱ⁾ hilo bicapa, depósito de dos capas según las etapas 1 a 4: la resistencia a la abrasión de la capa exterior depositada en el interior de B₂, era buena, la otra no ha sido medida puesto que se trata de la capa interior depositada por B₁.

25

Se remarca que la dureza es elevada cuando el contenido en cobalto en el aglutinante está comprendido entre el 37% y el 65%. A esta concentración, la abrasión es significativamente reducida con relación a un depósito de níquel puro. Las capas son dúctiles.

30

Por otra parte, la abrasión es mínima para los hilos cuyo porcentaje en cobalto en el interior del aglutinante es por lo menos igual a 85. Las capas son dúctiles

Un buen compromiso dureza/abrasión se obtiene cuando porcentaje en cobalto está comprendido entre 20 y 85, de forma ventajosa entre 37 y 65.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Hilo abrasivo que comprende un alma de acero y un revestimiento exterior que comprende un aglutinante y partículas abrasivas, dicho aglutinante estando constituido por lo menos por una capa de aleación de níquel/cobalto, caracterizado por que dicha capa tiene un contenido en cobalto comprendido entre el 20% y el 85% en peso con relación al peso de la aleación Ni/Co.
- 10 2. Hilo abrasivo según la reivindicación 1 caracterizado por que la aleación Ni/Co comprende entre el 37 y el 65% en peso de cobalto.
3. Hilo abrasivo según la reivindicación 1 o 2 caracterizado por que el revestimiento exterior comprende dos capas de aglutinante en una aleación Ni/Co, cuyo contenido en cobalto está comprendido, independientemente una de la otra, entre el 20 y el 85% en peso.
- 15 4. Hilo abrasivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado por que la aleación Ni/Co contiene azufre, de forma ventajosa de 100 a 1000 ppm en peso.
- 20 5. Hilo abrasivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por que las partículas abrasivas son de un material escogido entre el grupo que comprende el carburo de silicio SiC, la sílice SiO₂, el carburo de tungsteno WC, el nitruro de silicio Si₃N₄, el nitruro de boro BN, el dióxido de cromo CrO₂, el óxido de aluminio Al₂O₃, los diamantes y los diamantes previamente revestidos de níquel, hierro, cobalto, cobre o titanio o sus aleaciones.
- 25 6. Hilo abrasivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 caracterizado por que las partículas abrasivas están constituidas por granos recubiertos, por lo menos en parte, por una película de material ferromagnético.
- 30 7. Procedimiento de fabricación de un hilo abrasivo objeto de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas siguientes:
- depósito electrolítico sobre un hilo de acero de un revestimiento que comprende un aglutinante y partículas abrasivas dicho aglutinante estando constituido por una capa de aleación de níquel/cobalto cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso con relación al peso de la aleación Ni/Co, por el paso por el interior de un baño (B₁) de electrolito que comprende por lo menos iones de cobalto II y de níquel II y partículas abrasivas;
- 35 - opcionalmente, depósito electrolítico de una capa complementaria de aglutinante por el paso por el interior de un baño (B₂) de electrolito que comprende por lo menos iones de cobalto II y de níquel II, dicha capa complementaria siendo una aleación de Ni/Co cuyo contenido en cobalto está comprendido entre el 20% y el 85% en peso.
- 40 8. Procedimiento de fabricación de un hilo abrasivo según la reivindicación 7 caracterizado por que los baños (B₁) y (B₂) comprenden, independientemente uno del otro, entre 1 y 150 g/L de iones de cobalto II y entre 50 y 150 g/L de iones de níquel II.
- 45 9. Procedimiento de fabricación de un hilo abrasivo según la reivindicación 7 u 8 caracterizado por que el baño (B₁) comprende entre 1 y 100 g/L de partículas abrasivas.
10. Utilización del hilo abrasivo objetivo de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 para serrar un material escogido entre el grupo que comprende el silicio, el zafiro y el carburo de silicio.

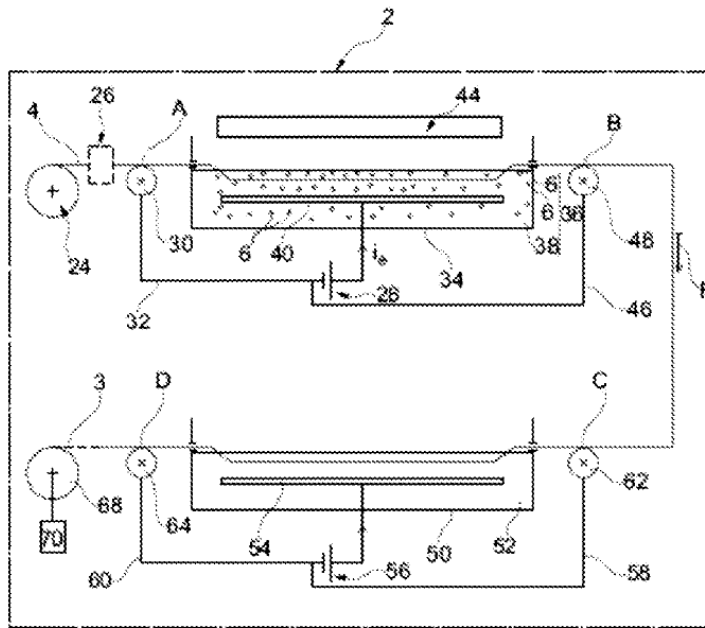


Fig. 1

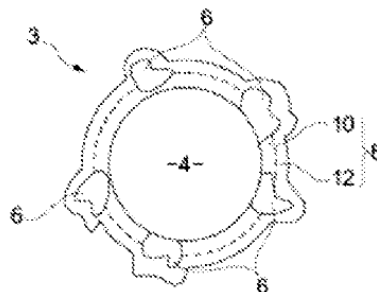


Fig. 2

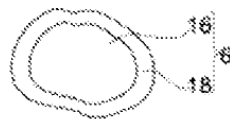


Fig. 3