

3. COPIA

PATENTE DE INVENCION
=====

Ref: BR 1753.

440508

Memoria Descriptiva

sobre:

Procedimiento de obtención de conductores eléctricos a base de aluminio.

Int. Cl.:

H01B 1/02

Solicitante: Société de Vente de L'ALUMINIUM PECHINEY, entidad francesa, residente en 23 bis, rue Balzac - 75008 PARIS, Francia.

=====

La presente invención debida a los trabajos de los Sres. Claude DRAPIER, Donald WHITWHAM y Olivier DINER, se refiere a unos conductores eléctricos de aleaciones de aluminio y en particular a su procedimiento de obtención por tratamientos termome-

cánicos.

5 El aluminio puro posee una excelente conductividad eléctrica, del orden de 65 % de la del cobre puro, recocido, tomada como patrón (I.A.S.S.). Sus cualidades mecánicas son sin embargo consideradas como insuficientes para algunas aplicaciones tales como los hilos finos para teléfono y aparatos domésticos, o los hilos aislados para bobinados en instalaciones de construcción; la calidad corriente designada bajo la referencia A5/L (significando A5, según la norma francesa AFNOR A 57 101, una proporción en aluminio al menos igual al 99,5 % y significando el símbolo L el empleo para usos eléctricos), tiene, por ejemplo, solo una carga de ruptura de 10 a 12 hbar asociada a un alargamiento de 10 al 12% o de 12 a 15 hbar, con un alargamiento del 2 al 3 % según el tratamiento térmico final, y una conductividad de 63 a 63,5 IACS.

10 Se pueden mejorar considerablemente las propiedades mecánicas adicionando elementos de aleaciones, pero la conductividad disminuye entonces de un modo muy importante.

20 La familia de aleaciones a menudo designadas con el nombre de "almelec", y que comprenden hasta el 0,6 % de Si aproximadamente y 0,7 % de Mg aproximadamente, no tiene tampoco mas que una conductividad del orden del 53 % IACS, para una carga de ruptura de una treintena de hectobares, asociada a un alargamiento del 4 % aproximadamente.

25 Igualmente se sabe que los elementos de aleaciones que disminuyen lo mas fuertemente la conductividad, son principalmente los metales de valencias múltiples, de subcapas electrónicas no saturadas y que su influencia se manifiesta sobre todo cuando están en solución sólida en la matriz de

30

aluminio y mucho menos cuando son precipitados fuera de la solución. El manganeso, cromo, vanadio, circonio, titanio, y en una menor medida, el silicio, son a este respecto, particularmente nocivos; el magnesio, hierro, níquel, cobalto y cobre ocupan una posición intermedia mientras que la influencia del zinc es particularmente débil.

El problema esencial en el campo de los conductores eléctricos, es por tanto conciliar características mecánicas suficientes para el empleo considerado con una conductividad eléctrica lo mas elevada posible. Este resultado generalmente se obtiene por una serie de tratamientos termomecánicos complejos que provocan la precipitación de algunos elementos en forma de compuestos mas o menos finos y manteniendo algunos otros en solución en la matriz.

Las patentes francesas nº 888.520 de Tréfileries y Laminoirs du Havre (actualmente: Tréfinétaux), 1.448.713 de Péchiney, 2.009.027 de Southwire Company, 2.078.362 de Fuji-Denki, 2.103.428 de Olin Corporation, 2.182.212 de A.B. Elektrokoppar, y las patentes americanas 3.663.216 y 3.668.019 de Aluminium Company of America (Alcoa) describen composiciones de aleaciones y procedimientos de elaboración que tratan de resolver este problema, pero ninguna de ellas permite obtener hilos finos para usos domésticos, telefónicos, y para los bobinados, que respondan a exigencias de utilizadores en lo que respecta a la asociación de la carga de ruptura que debería alcanzar de 15 a 18, e incluso 19 hbar, con un alargamiento al menos igual al 5 %, una conductividad que no debería ser inferior al 60 % IACS, y un comportamiento satisfactorio a diferentes ensayos, tal como los plegados alternados.

Los solicitantes han descubierto que era posible obtener nuevos tipos de conductores eléctricos a base de aluminio que presentan una carga de ruptura comprendida entre 13 y 19 hbar, asociada a un alargamiento al menos igual al 5 % y una conductividad al menos igual al 60 % IACS combinando adiciones de elementos de aleaciones que, según la opinión del experto, son incompatibles con una buena conductibilidad eléctrica, y utilizando un tratamiento termomecánico simple y perfectamente reproducible que consiste en partir de un esbozo en el que todos los elementos están en solución sólida en la matriz de aluminio, y en deformar el esbozo con un grado de estirado - definido por la relación $\left(\frac{S-s}{s}\right)$ donde "S" es la sección inicial del esbozo y "s" la sección final del conductor - al menos igual al 1.000 % y preferentemente superior al 10.000 %, y en efectuar un tratamiento de adu-
lza-
miento-precipitación que permite poner fuera de solución la mayor parte de los elementos que tienen, sobre la conductividad eléctrica, una influencia nociva, pero indispensables para elevar la carga de ruptura. Los solicitantes han descubierto, en efecto, que algunas adiciones en solución sólida estable o en sobresaturación aumentan la estirabilidad del aluminio de tal modo que la energía de desorden considerable - resultado de una reducción a frío elevado - conduce a un rechazo rápido y suficientemente completo de los elementos en sobresaturación y ello a una temperatura modesta.

Este fenómeno está igualmente ligado al hecho de que la solubilidad de equilibrio de los elementos de adición disminuye fuertemente con la temperatura. Además, los solicitantes han comprobado que estas mismas adiciones solubles en el aluminio ejercen un efecto inhibitor potente sobre su

recristalización (sin, sin embargo, impedir su adulzamiento progresivo por restauración) acompañada de la precipitación de los elementos en sobresaturación. De ello resulta que la conductividad eléctrica es elevada de forma sensible, mientras que la disminución de la carga de ruptura, asociada a un aumento del alargamiento a la ruptura, es mas fácilmente controlada.

Los elementos de adición que actúan desfavorablemente sobre la conductividad son precipitados en forma elemental, o bien en forma de compuestos intermetálicos complejos, tal como se ha mostrado las observaciones micrográficas efectuadas.

Los solicitantes han descubierto igualmente que era posible aplicar al conductor, en el curso de su transformación que lo lleva a las dimensiones de utilización, un tratamiento térmico intermedio de restauración a una temperatura comprendida entre 180 y 250°C durante un espacio de tiempo de 10 mn a 10 h, lo que permite aumentar el grado de deformación accesible industrialmente sin afectar sensiblemente a las asociaciones de características mecánicas y eléctricas que serían obtenidas sin este tratamiento térmico intermedio.

Los solicitantes han descubierto igualmente que las aleaciones a las que este procedimiento puede aplicarse debían comprender en combinación:

1) al menos un elemento perteneciente a un primer grupo de elementos precipitables, que tienen, en solución en la matriz, un efecto importante de disminución de la conductividad eléctrica, y cuya solubilidad, en estado sólido, en aluminio, no excede de 0,2 % en peso a 250°C. En este grupo,

figuran, en particular, el cobre, silicio, manganeso, tomados a una proporción de 0,25 a 1 % en peso para Cu, Mn y 0,05 a 0,5 % en peso para Si;

5 2) al menos un elemento perteneciente a un segundo grupo de elementos susceptibles de formar compuestos intermetálicos complejos, y que no son mas que muy parcialmente solubles en la matriz. En este segundo grupo figuran: el hierro, níquel, cobalto, berilio, boro y circonio, tomados a una proporción de 0,10 a 2 % en peso para Fe, Ni, Co y 0,001 a 0,2 % en peso para Be y B; 0,001 a 0,1 % en peso para Zr;

10 3) eventualmente, al menos un elemento de adición elegido en un tercer grupo de elementos que aumentan la estirabilidad del aluminio y que poseen una solubilidad en estado sólido, en aluminio, a 250°C, de al menos el 4 %. En este grupo figuran el magnesio y el zinc, tomados a una proporción de 0,03 a 0,5 %; las otras impurezas naturales del aluminio que sirven de base a la aleación (generalmente al 99,5 % de Al) pueden además encontrarse allí a sus proporciones habituales.

20 Conforme a lo que se ha dicho más arriba, en el hilo conductor terminado, según el procedimiento conforme a la invención, los elementos de los dos primeros grupos son, en su casi totalidad, puestos fuera de solución durante tratamientos termomecánicos.

25 Habida cuenta del grado de estirado necesario a la puesta en práctica del procedimiento, la invención es particularmente bien adaptada a la producción de hilos flexibles que tienen un diámetro comprendido entre 3,5 y 0,05 mm, pero quedando bien entendido que no se limita al único campo de los hilos: permite, en efecto, obtener a partir de las mismas

30

5 aleaciones y por el mismo procedimiento, cualquier otra forma de conductores tales como bandas delgadas de 0,005 a 3 mm de espesor, cables flexibles obtenidos por agrupamiento, según procedimientos conocidos, hilos conformes a la invención, así como hilos o cables flexibles aislados, siendo obtenido este aislamiento por cualesquiera procedimientos conocidos.

Los ejemplos siguientes permitirán comprender mejor la puesta en práctica de la invención.

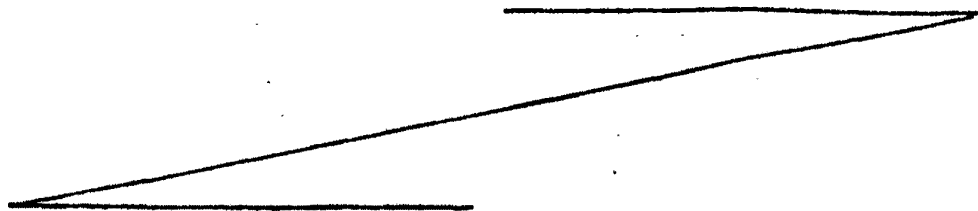
10 Ejemplo 1 : Se ha preparado, por colada semi-continua, paquetes de 83 mm de diámetro, en aleaciones que llevan las referencias A y B que tienen las composiciones siguientes, siendo la aleación A del tipo A5/L, definida mas arriba, y tomada como referencia y siendo la aleación B conforme a la invención.

15

Grupo de elementos		1	2
Aleación	Si	Cu	Fe
A	0,07	0,003	0,17
B	0,05	0,48	0,18

20

25 Los paquetes han sido extrusionados a 350°C hasta 9,5 mm y después se ha trefilado hasta 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:



Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 <i>NS/cm</i>	C % I.A.C.S.
A 1 h 240°C	12	12	2,71	63,6
B 1 h 220°C	15,5	9	2,78	62
30 mn 260°C	14,2	13	2,78	62

5

10

15

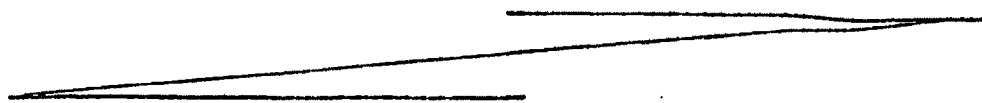
Ejemplo 2 : Se ha colado en colada "tranquila": es decir por vertido lento en la lingotera inicialmente inclinada y progresivamente levantada a medida de su llenado, del metal fundido contenido en el crisol de fusión, paquetes de 83 mm de diámetro, que llevan las referencias C y D, que tienen las composiciones siguientes, siendo la aleación C del tipo A5/L definida anteriormente y tomada como referencia y siendo la aleación D conforme a la invención.

20

Grupo de elemento	1	2
	Si	Fe
C	0,05	0,24
D	0,24	0,51

25

Los paquetes han sido extrusionados a 450°C hasta 9,5 mm, y después se ha trefilado hasta 0,5 mm, en las condiciones y con los resultados siguientes:



Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 <i>μm/cm</i>	C % I.A.C.S.
C 1 h a 275°C	10,8	11	2,71	63,6
D 1 h a 270°C	13	10	2,76	62,5

Ejemplo 3 : Se ha colado, en continuo, sobre rueda y después inmediatamente laminado el esbozo en caliente sobre tren SECIM (nueva denominación de la Sté Spidem) hasta un diámetro de 12 mm, las aleaciones siguientes, referenciadas E y F, siendo "E" del tipo A5/L definida anteriormente y tomada como referencia, y siendo la aleación "F" conforme a la invención:

Grupo de elementos	1		2
	Si	Cu	Fe
E	0,06	0,003	0,15
F	0,07	0,48	0,23

Después se ha trefilado hasta 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 <i>μm/cm</i>	C % I.A.C.S.
E 2 h a 275°C	11,3	13	2,705	63,7
F 4 h a 260°C	16,9	10	2,83	60,8

Ejemplo 4 : Se ha colocado sobre rueda, en continuo, y después inmediatamente laminado el esbozo en caliente, hasta el diámetro de 12 mm, las aleaciones siguientes, referenciadas E y G: siendo la aleación "G" conforme a la invención:

5

Grupo de elementos	1		2
	Si	Cu	Fe
E	0,06	0,003	0,15
G	0,07	0,48	0,38

10

y después se ha trefilado hasta el diámetro de 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:

15

Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 NS/cm	C % I.A.C.S.	
E 2 h a 275°C	11,3	13	2,705	63,7	
G	1 h a 280°C	17,3	10,5	2,85	60,5
	4 h a 280°C	16,3	11,5	2,86	60,2

20

Ejemplo 5 : Se ha colado sobre rueda, en continuo, y después inmediatamente laminado el esbozo en caliente hasta el diámetro de 12 mm, las aleaciones siguientes, referenciadas E y H, siendo "H" conforme a la invención:

25

Grupo de elementos	1		2
	Si	Cu	Fe
E	0,06	0,003	0,15
H	0,20	0,48	0,39

Se ha trefilado hasta el diámetro de 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 <i>W21/cm</i>	σ % I.A.C.S.	
E 2 h a 275°C	11,3	13	2,705	63,7	
H	4 h a 260°C	18,5	10	2,88	59,9
	4 h a 280°C	18,1	11	2,88	59,9

La asociación de una carga de ruptura a 18 hbar con un alargamiento del 10-11 % y una conductividad prácticamente igual al 60 % IACS es particularmente notable y sobrepasa en mucho todo lo que ha sido obtenido hasta el presente sobre aleaciones conductoras a base de aluminio.

Los ejemplos 4G y 5H muestran, además, que las tolerancias de temperatura y de duración para el tratamiento final, son particularmente amplias, ya que variaciones de 20°C a duración constante o de 1 a 4 h a temperatura constante no tienen prácticamente influencia alguna sobre el resultado final. Este hecho, igualmente excepcional, es una garantía de

excelente reproductibilidad de los resultados para una producción industrial.

Ejemplo 6 : Se ha colado, en semi-continuo, como en el ejemplo 1, paquetes de 83 mm de diámetro, y después se ha extrusionado a 350°C hasta el diámetro de 9,5 mm y trefilado hasta el diámetro de 0,5 mm, las aleaciones siguientes conformes a la invención y referenciadas J y K.

Grupo de elementos	1	2	3
	Si	Cu	Fe
J	0,06	0,20	0,18
K	0,06	0,20	0,18

con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 N ₂ /cm	C % I.A.C.S.
J 1 h a 230°C	13,8	12	2,785	61,9
K 1 h a 240°C	14,5	11	2,84	60,7

Ejemplo 7 : Se ha colado, en semi-continuo, paquetes de 83 mm de diámetro de la aleación B del ejemplo 1 (Fe: 0,18; Si: 0,05; Cu: 0,48), que se han extrusionado a 350°C hasta el diámetro de 9,5 mm y después trefilado hasta el diámetro de 2 mm. Se ha procedido a un tratamiento térmico intermedio de 1 h a 230°C en un primer caso, y de 1 h a 350°C en un segundo caso y después trefilado hasta el diámetro de

0,5 mm, en las condiciones y con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico intermedio a 2 mm	Tratamiento térmico final a 0,5 mm	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 N ₂ /cm	C % IACS
1 h a 230°C	1 h a 240°C	14,5	10	2,76	62,5
1 h a 350°C	1 h a 230°C	13,5	13	2,77	62,2

Ejemplo 8 : Se ha colado (en colada "tranquila") paquetes de 83 mm de la aleación D del ejemplo 2 (Fe: 0,51; Si: 0,24) que se han extrusionado a 450°C hasta el diámetro de 2 mm. Se ha procedido a un tratamiento térmico intermedio de 1 h a 230°C en un primer caso y de 1 h a 350°C en un segundo caso, y después trefilado hasta el diámetro de 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico intermedio a 2 mm	Tratamiento térmico a 0,5 mm	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 N ₂ /cm	C % IACS
1 h a 230°C	1 h a 240°C	14,5	10	2,76	62,5
1 h a 350°C	1 h a 230°C	13,5	13	2,77	62,2

Ejemplo 8 : Se ha colado (en colada "tranquila") paquetes de 83 mm de la aleación D del ejemplo 2 (Fe:0,51; Si: 0,24) que se han extrusionado a 450°C hasta el diámetro de 9,5 y después trefilado hasta el diámetro de 2 mm. Se ha procedido a un tratamiento térmico intermedio de 1 h a 230°C en un primer caso y de 1 h a 350°C en un segundo caso, y después trefilado hasta el diámetro de 0,5 mm en las condiciones y con los resultados siguientes:

Tratamiento térmico intermedio a 2 mm	Tratamiento térmico a 0,5 mm	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 <i>NS/cm</i>	C % IACS
1 h a 230°C	1 h a 260°C	13	12,5	2,75	62,7
D 1 h a 350°C	1 h a 230°C	11	10	2,73	63,2

Los ejemplos 7 y 8 muestran que el tratamiento térmico intermedio de 2 mm, efectuado 1 h a 350°C, no permite alcanzar características tan favorables como cuando la temperatura no sobrepasa los 250°C.

Ejemplo 9 : Se ha preparado por colada semi-continua paquetes de 83 mm de diámetro en las aleaciones del ejemplo 1 que llevan las referencias A y B. Los paquetes han sido descortezados a 81 mm de diámetro y después extrusionados sin precalentamiento de modo a obtener un semi-plano de 40 x 5 mm; a continuación se ha laminado hasta un espesor de 0,15 mm y obtenido los resultados siguientes:

Tratamiento térmico final	R _m hbar	A % 200 mm	P 20 /cm	C % I.A.C.S.
A 1 h a 280°C	12,2	9	2,76	62,5
B 1 h a 255°C	15,5	8,5	2,83	60,9

- N O T A -

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarse en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar

que el invento corresponde a una Solicitud de Patente, presentada en Francia con el número 74 30112 de 29 de agosto de 1.974, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PROCEDIMIENTO DE OBTENCION DE CONDUCTORES ELECTRICOS A BASE DE ALUMINIO, caracterizándose por lo siguiente:

1.^a.- Procedimiento de obtención de conductores eléctricos a base de aluminio, a partir de un esbozo obtenido por extrusión o laminado de paquetes o por colada/continua, caracterizado porque comprende las etapas de transformar el esbozo por estirado hasta un grado al menos igual al 1000 % y preferentemente al 10.000 % y someter el conductor obtenido a un tratamiento térmico de aduizamiento-precipitación a una temperatura comprendida entre 150 y 300°C durante un espacio de tiempo comprendido entre algunos minutos y 24 horas.

2.^a.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el tratamiento de aduizamiento-precipitación se efectua preferentemente entre 180 y 250°C durante un espacio de tiempo comprendido entre 10 minutos y 10 horas.

3.^a.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se somete el conductor, durante la transformación que lo lleva a las dimensiones de utilización, a un tratamiento térmico intermedio de restauración a una temperatura comprendida entre 180 y 250°C durante un espacio de tiempo de 10 minutos a 10 horas.

4.^a.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque comprenden en combinación: a) al menos un elemento perteneciente a un primer grupo de elementos precipi

5 tables que tienen, en solución en la matriz un efecto importante de disminución de la conductibilidad eléctrica y cuya solubilidad en estado sólido, en aluminio, no excede de 0,2% en peso a 250°C; b) al menos un elemento perteneciente a un
10 segundo grupo de elementos susceptibles de formar compuestos intermetálicos complejos y que son mas que muy parcialmente solubles en la materia, llevando los elementos de estos dos primeros grupos en su casi totalidad, fuera de la solución, durante tratamientos termomecánicos aplicados en curso de fabricación, y porque su resistividad es a lo sumo igual a 2,88 micro-ohms-centímetro a 20°C (conductividad al menos igual a 60 % IACS), porque su carga de ruptura está comprendida entre 13 y 19 hbar, y porque su alargamiento a la ruptura sobre probeta de 200 mm es al menos igual al 5 %.

15 5ª.- Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque comprenden, además, al menos un elemento de adición suplementario elegido en un tercer grupo de elementos que aumenta también la estirabilidad del aluminio y que poseen una solucibilidad en estado sólido, en aluminio,
20 de al menos el 4 % a 250°C.

6ª.- Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado porque los elementos del primer grupo se eligen entre el cobre, silicio, manganeso, los elementos del segundo grupo se eligen entre el hierro, níquel, cobalto,
25 berilio, boro, circonio, y los elementos del tercer grupo se eligen entre el magnesio y el zinc.

7ª.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque las proporciones en elementos de aleación se eligen en los límites de: 0,25 a 1 % en peso para el cobre, manganeso; 0,05 a 0,5 % en peso para el silicio; 0,10
30

