

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

20
Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

ES (11) NUMERO 471988 (10) A1
(21) (22) FECHA DE PRESENTACION 24 JUL 1978

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES:		
(31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
PV. 77 24.130	29 de Julio de 1.977	Francia
(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B21C	
(54) TITULO DE LA INVENCION		
PROCEDIMIENTO DE HILADO DE ALEACIONES DE ALUMINIO DE ELEVADA RESISTENCIA.		
(71) SOLICITANTE (S)		
CEGEDUR SOCIETE DE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM PECHINEY.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
66, Avenue Marceau, 75.008 PARIS (Francia)		
(72) INVENTOR (ES)		
Michel DENOUX, Richard DESCHAMPS., Francis GUITTON, Jean-Mary WATTIER.		
(73) TITULAR (ES)		
(74) REPRESENTANTE		
D. JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO y POMBO		

La presente invención se refiere a un procedimiento de hilado de aleaciones de aluminio de elevada resistencia para fabricar barras, tubos ó perfilados.

Por "aleaciones de aluminio de elevada resistencia", se entien
5 de aleaciones que permiten obtener, tras el batido y tratamiento térmico, una resistencia a la ruptura superior a 35 kg/mm^2 , en particular las aleaciones Al-Cu-Mg (Cu > 3 %, Mg > 0,5 %), de las que las más conocidas son - 2.014, 2.017 A, 2.030, y 2.024, y las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu de las que la más conocida es la 7.075, según las designaciones de la norma francesa AF-
10 NOR NF A-02-104.

El hilado con revestimiento directo de estas aleaciones se rea
liza de forma habitual a velocidades bastante pequeñas, del orden de 2 a 8
m/minutos con relaciones de hilado que no sobrepasan de 40 en general. En
efecto, en hilado con revestimiento, si se opera a velocidades elevadas y/o
15 con relaciones de hilado elevadas, la temperatura del producto que sale de la hilera es tal que aparecen grietas superficiales ó un sobrecalentamiento del metal, al menos superficialmente (fenómeno denominado de "quemazón").

Ocurre bastante raramente que se intenta templar en prensa, es
decir templar el producto hilado desde el momento mismo de su salida de la
20 hilera, algunas de estas aleaciones como la 2.030. En ese caso, la velocidad de hilado es en general menor que la velocidad de hilado utilizada cuando no hay temple en prensa. En efecto, para que el metal sea convenientemente solubilizado, es necesario que la temperatura de salida del metal sea
exactamente controlada y esté comprendida entre la temperatura de solubili
25 zación sólida de la aleación y la temperatura de aparición de grietas ó de quemazón; además, la solubilización sólida debe ser conveniente. Por estas razones, la temperatura de comienzo de hilado en general es muy próxima de la temperatura de solubilización sólida, de modo que el paquete no presente una precipitación intensa que haría difícil la solubilización sólida; ade-
30 más, la velocidad de hilado es retrasada ya sea para evitar un calentamiento

to demasiado grande durante el hilado que correría el peligro de ocasionar la aparición de grietas ó el quemazón (fusión parcial de los eutécticos - metastables ó no) ó bién precisamente porque una temperatura de hilado elevada, próxima de la temperatura de solubilización, es menos favorable a una velocidad rápida que una temperatura más baja, en virtud de los riesgos de aparición de grietas ó de quemazón.

Finalmente, el compromiso, ya difícil de conseguir para las relaciones de hilado habituales de 10 a 25, resulta todavía más difícil de lograr para relaciones de hilado más elevadas en virtud del calentamiento mayor que se les asocia.

De cualquier modo, la temperatura de salida es difícil de gobernar en virtud de la evolución todo a lo largo del hilado de las fuerzas de frotamiento, y por ende de los calentamientos.

Existen técnicas que permiten aumentar la velocidad de hilado.

Se ha intentado, por ejemplo, aumentar la velocidad de hilado reduciendo el frotamiento en el contenedor y contra la hilera, y en particular utilizando un lubricante.

Se puede conseguir ésto con un lubricante clásico, por ejemplo una grasa adicionada de disulfuro de molibdeno y/o de grafito, tomando ciertas precauciones para que el lubricante esté permanentemente en contacto con el metal.

Pero igualmente se puede utilizar un lubricante vitroso cuya viscosidad está comprendida entre 10^3 y 10^4 poises entre 400 y 650°C por ejemplo. Un lubricante vitroso que contenga elementos tales como P_2O_5 - B_2O_3 - K_2O - Na_2O , permite lograr, en estas condiciones, velocidades superiores a 100 m/minuto. Este procedimiento todavía no se ha utilizado industrialmente.

El procedimiento según la invención constituye un perfeccionamiento respecto las técnicas de hilado rápido, y permite obtener productos que presentan un excelente estado superficial, y buenas características me

cánicas y metalúrgicas en condiciones económicas muy favorables.

La entidad solicitante ha encontrado que, bajo ciertas condiciones, era posible asociar, para estas aleaciones, temple en prensa con relaciones de hilado elevadas y a una velocidad de hilado también elevada, siendo incluso esta velocidad de hilado elevada, a condición de que sea suficientemente elevada, un elemento favorable para un buen control de la solubilización sólida antes del temple.

El procedimiento consiste en hilar con un lubricante aleaciones de aluminio de elevada resistencia, con una relación de hilado comprendida entre 20 y 200, y una velocidad de hilado superior a 15 m/minuto (y preferentemente superior a 30 m/minuto), en las condiciones siguientes:

a) la temperatura de hilado, es decir la temperatura del paquete en el momento de la compresión, está comprendida entre $T_s - 180^\circ\text{C}$ y $T_s - 50^\circ\text{C}$, siendo T_s la temperatura de solidus de equilibrio de la aleación;

b) para cada relación de hilado, esta temperatura de hilado se ajusta de tal modo que la temperatura de salida esté comprendida entre T_m y T_s , y preferentemente T_m y $T_s - 30^\circ\text{C}$, siendo T_m la temperatura mínima para que haya solubilización de la aleación en el caso en que el temple se realice en un horno de forma tradicional;

c) el metal es templado con calor de hilado, es decir sin que haya un enfriamiento seguido de un nuevo recalentamiento antes del temple, a la salida de la prensa, a las velocidades de enfriamiento habituales para esta aleación, eventualmente tras una espera tal que la temperatura no descienda por debajo de la temperatura crítica antes de la introducción en el medio de temple, es decir la temperatura a la que aparece una precipitación que destruye la solubilización (450°C aproximadamente para 2.017 A y 2.030).

A título indicativo, valores medios de T_s y T_m para las principales aleaciones de elevada resistencia, se mencionan en el cuadro siguiente:

Aleación	T _s (°C)	T _m (°C)
2.014	535	490
2.017 A	535	490
2.024	515	480
2.030	530	490
7.075	535	450

Estos valores dependen, bién entendido, de la composición exacta de la aleación. En el caso de las aleaciones de la serie 2.000, de composición siguiente:

Cu 3,5 a 5 %

Mg 0,4 a 1 %

Si < 1,2 %

eventualmente Pb 0,3 a 1,4 %

siendo el resto aluminio con impurezas ó elementos secundarios de adición tales como Fe, Cr, Ti, Mn a las proporciones habituales, la temperatura de hilado está comprendida entre 350°C y 480°C, y la temperatura de salida de la hilera está comprendida entre 480 y 530°C, y preferentemente 480 a 500°C

Se comprueba que con esta técnica, la temperatura de salida - después del hilado puede ser convenientemente controlada, en virtud de que las velocidades de hilado elevadas y/o el frotamiento reducido, permiten obtener condiciones casi adiabáticas durante el hilado, de tal modo que a excepción de una pequeña parte en la extremidad del producto hilado, que podrá eliminarse, la temperatura es uniforme con una diferencia que no sobrepasa de 10°C de un extremo al otro del hilado. Igualmente es ventajoso que el hilado se realice en un tiempo muy corto, inferior a 30 segundos, e incluso 20 segundos, cualquiera que sea la longitud del paquete, elegida entre las longitudes industriales.

Los tiempos de hilado muy cortos permiten además una lubrica-

ción más uniforme de un extremo al otro del hilado y un mejor aspecto. Puede ser interesante no introducir el metal en el fluido de enfriamiento inmediatamente a la salida de la hilera. La espera antes del temple, cuando se practica, permite completar la solubilización. Su duración, comprendida entre 15 y 90 segundos, se determina por dos exigencias opuestas: de un lado, aumentar el tiempo de solubilización para mejorar la calidad metalúrgica del producto hilado y por otra no estancionar en el campo crítico de precipitación, lo que disminuye las características mecánicas y sensibiliza la aleación a la corrosión intercrystalina.

10 Una homogeneización previa del paquete resulta en general favorable a la vez para un buen aspecto y para una buena solubilización; esta homogeneización se realiza entre 480 y 520°C durante un espacio de tiempo de 1 a 24 horas.

15 Igualmente puede ser ventajoso recalentar el paquete a una temperatura próxima de la temperatura normal de solubilización sólida de la aleación, que a menudo es superior en más de 20°C a la temperatura de hilado. En este caso, el paquete se enfría rápidamente, en menos de 3 minutos y preferentemente menos de un minuto, por ejemplo mediante un dispositivo de pulverización que permite evitar las mermas hasta la temperatura de hilado. Esta disposición asegura una solubilización más completa de la aleación y permite evitar precipitados demasiado importantes durante el hilado. De este modo, el calor desprendido por el hilado permite una solubilización del metal después de la salida de la hilera en un tiempo muy corto.

20 Se puede utilizar para el hilado cualquier lubricante y cualquier técnica de lubricación que permitan relaciones y velocidades de hilado indicadas, pudiendo igualmente asimilarse el hilado hidrostático a un hilado lubricado.

30 Resulta en particular ventajoso recurrir a un lubricante soluble en el medio de temple, lo que permite combinar, en una sola operación en prensa, el temple y la retirada del lubricante.

Por ejemplo, se puede utilizar como lubricante, el producto y
tree mencionado más arriba ($P_2O_5 + B_2O_3 + K_2O + Na_2O$) que es soluble en -
agua ó en un líquido que contiene más del 80 % de agua, siendo el resto -
aditivos de temple; la eliminación del lubricante del producto hilado se -
5 realiza entonces instantáneamente.

El temple puede efectuarse de forma conocida de por sí por as-
persión ó por inmersión.

La invención será ilustrada por los ejemplos de realización si-
guientes que son dados a título indicativo, pero no limitativo.

10 Ejemplo 1:

Paquetes de diámetro 100 mm en 2.017A y 2.030 han sido homoge-
neizados 6 h a 500°C en un horno de aire tranquilo, y después refrigerados
al aire ambiente sin precauciones particulares.

Los paquetes cortados en lingotes han sido recalentados a 400°C
15 en 5 minutos, y después hilados en la prensa con un lubricante en forma de
barras de diámetro 22 mm (relación de hilado 22), a una velocidad de 70 m/
mn. En estas condiciones, el hilado se realiza en 15 segundos.

La temperatura de salida de las barras estaba comprendida entre
490 y 500°C para las dos aleaciones, de un extremo al otro de las barras.

20 El temple en agua ha sido efectuado en los tres casos siguien-
tes:

- inmediatamente después del hilado
- 45 segundos después del hilado
- 90 segundos después del hilado

25 Después del temple, las barras han sufrido un estirado del 3 %
de modo a obtener un estado T3 al diámetro de 21,7 mm.

Diferentes ensayos de caracterización han sido realizados
comparativamente en aleaciones tratadas de forma convencional, es decir:

- homogeneización a 500°C
- 30 - hilado revestido a 350°C a 4-5 m/mn

- estirado 30 % aproximadamente
- solubilización separada, duración 30 minutos a 490°C y temple al agua
- enderezado.

5 Para todos los casos de barras hiladas con lubricante (aunque se trate de vidrio ó de un producto a base de grafito que contiene sulfuro de Mo), las tolerancias son tales, que incluso después de un simple "calibrado" del 3 %, las barras están conformes a las características de barras estiradas.

10 Las características obtenidas se dan en el cuadro siguiente en el que se evocan las condiciones de transformación:

Aleación	Hilado	tiempo de espera entre hilado y temple.	características mecánicas		
			límite elástico R _{0,2} -MPa	Carga de ruptura R _m -Mpa	Alargamiento A5 - %
2.017 A	lubricada	0	286	393	12
		45 s	307	416	16
		90 s	287	392	13,2
	revestida		369	459	15,8
2.030	lubricada	0	348	445	12
		45 s	338	440	14,5
		90 s	341	443	13,6
	revestida		374	448	16,7

25 Ensayos de corrosión intercrystalina han sido practicados en todos los casos. No se observa ninguna susceptibilidad excepto para los casos en que el tiempo de espera entre temple e hilado es de 90 segundos. - Esto se explica por el hecho de que se ha pasado al campo de precipitación de Al-Cu-Mg y que a las temperaturas consideradas ($\approx 400^{\circ}\text{C}$), la precipitación es intensa.

30

Ensayo de fatiga a la flexión rotativa no han permitido evidenciar diferencias significativas entre los productos procedentes del hilado lubricado y del hilado con revestimiento.

Se comprueba que en todos los casos, las características mecánicas están conformes con las normas en vigor. Sin embargo, en el caso de la aleación 2.017A las características mecánicas son un poco inferiores a lo que se obtiene después de la solubilización en el horno, en particular a nivel de los alargamientos a la ruptura. Los alargamientos más elevados se obtienen cuando existe entre hilado y temple un tiempo de espera de 45 segundos. Ahora bien, para esta duración, la temperatura de la barra es de 450°C aproximadamente, es decir en el límite del umbral de precipitación. Se trata por tanto de un tiempo óptimo para el caso de hilado considerado que permite una solubilización más completa.

Ejemplo 2.

Paquetes de diámetro 100 mm en 2.017A y 2.030 han sido homogeneizados 6 h a 500°C y después enfriados al aire ambiente sin precauciones particulares.

Los paquetes cortados en lingotes han sido recalentados a 490°C durante media hora y después enfriados rápidamente a 400°C (un minuto) y finalmente hilados a esta temperatura a una velocidad de 70 m/mn en condiciones similares a las del ejemplo 1, es decir hilado lubricado de barras de diámetro 22 mm.

La temperatura de salida de las barras así obtenidas se sitúa entre 490 y 500°C.

El temple en agua ha sido efectuado entonces de forma inmediata tras el hilado.

Finalmente, las barras han sido estiradas un 3%. Presentan características dimensionales propias de las barras estiradas.

Las características mecánicas siguientes han sido obtenidas:

Aleaciones	R _{0,2} - MPa	R _m - MPa	A ₅ - %
2.017	407	536	15,5
2.030	396	500	16

5

Se observa la ganancia importante en las características mecánicas conseguida respecto de las del ejemplo 1, debido al tratamiento térmico previo antes del hilado.

Ejemplo 3.

10

Paquetes de aleación 2.030 de diámetro 145 mm han sido hilados en forma de barras cuadradas de 20 x 20 mm (relación de hilado 44) en las condiciones siguientes:

15

- hilado lubricado al vidrio
- recalentamiento 410°C
- velocidad 50 m/mm, es decir aproximadamente 20 segundos de hilado.
- temple al agua después de 30 segundos de mantenimiento tras el hilado.

20

Habida cuenta de las tolerancias dimensionales del aspecto superficial obtenido, un simple calibrado del 3 % ha sido suficiente para obtener barras cuadradas que responden a las normas de las barras estiradas. Las características mecánicas obtenidas después del calibrado del 3 % son

$$R_{0,2} = 404 \text{ MPa} ; R_m = 491 \text{ MPa} ; A_5 = 14,8 \%$$

25

Este ejemplo ilustra perfectamente el hecho de como es posible de conseguir, en excelentes condiciones, formas diferentes de las cilíndricas.

Ejemplo 4.

30

Paquetes de aleación 2.030 de diámetro 145 mm han sido homogeneizados y después enfriados al aire ambiente sin precauciones particulares.

Los paquetes cortados en lingotes han sido recalentados a -
370°C, hilados a esta temperatura con una grasa a base de grafito a una -
velocidad de 100 m/mm, en forma de barras de diámetro 12 mm.

La temperatura de salida del hilo obtenido se sitúa hacia los
5 510°C y permanece constante todo a lo largo del hilado que dura 30 segundos
aproximadamente.

El temple en agua ha sido efectuado 20 segundos después del hi
lado.

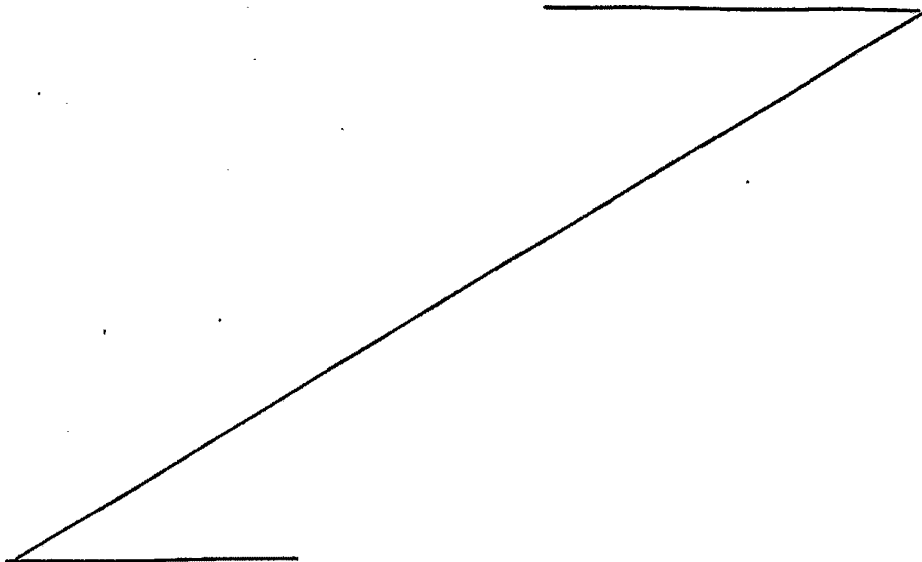
Finalmente, las barras han sido estiradas un 3 % para obtener
10 un diámetro de 11,8 mm. Las tolerancias dimensionales son siempre compati-
bles con las de los productos estirados.

Las características mecánicas obtenidas son las siguientes:

$R_{0,2} = 339 \text{ MPa}$; $R_m = 444 \text{ MPa}$; $A_5 = 14 \%$

Estas características mecánicas son totalmente comparables a
15 las obtenidas en los otros ejemplos.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como
la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las dis-
posiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de
detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de hilado de aleaciones de aluminio de elevada resistencia, seguido de temple, series 2.000 y 7.000, procedimiento según el cual la relación de hilado está comprendida entre 20 y 200, caracterizado porque el hilado se realiza con ayuda de un lubricante, a una velocidad superior a 15 m/mm, y preferentemente superior a 30 m/mm; la temperatura de hilado está comprendida entre $T_s - 50^{\circ}\text{C}$ y $T_s - 180^{\circ}\text{C}$, siendo T_s la temperatura de solidus de equilibrio de la aleación, y está ajustada en este intervalo de tal modo que la temperatura del metal a la salida de la hilera esté comprendida entre T_m y T_s , preferentemente entre T_m y $T_s - 30^{\circ}\text{C}$ siendo T_m la temperatura mínima de solubilización de la aleación; y porque el metal es templado con calor de hilado a velocidades de enfriamiento habituales para la aleación considerada.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el tiempo total de hilado es inferior a 30 segundos, y preferentemente a 20 segundos.

3.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 y 2, - caracterizado porque el comienzo del temple interviene después de una espera comprendida entre 15 y 90 segundos a partir de la salida de la hilera y a una temperatura superior a la temperatura crítica de precipitación.

4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el paquete es recalentado a una temperatura superior de al menos 20°C a la temperatura de hilado, y después enfriado hasta la temperatura de hilado, de tal modo que el tiempo total entre la salida del horno de recalentamiento y el comienzo del hilado no exceda de 3 minutos.

5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el lubricante es soluble en el medio de temple.

6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado por que el lubricante es un producto vítreo soluble en agua, a base de P_2O_5 , B_2O_3 , K_2O , Na_2O .

7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque cuando se aplica a aleaciones cuyas proporciones en elementos principales son las siguientes:

- 5 Cu 3,5 a 5 %
- Mg 0,4 a 1 %
- Si a 1,2 %

10 con adición eventual de 0,3 a 1,4 % de plomo, siendo el resto aluminio con proporciones en impurezas ó elementos secundarios tales como Fe, Mn, Ti, Cr a nivel habitual para este tipo de aleación, la temperatura de comienzo de hilado está comprendida entre 350 y 480°C, y la temperatura de salida de la hilera está comprendida entre 480 y 530°C, y preferentemente entre 480 y 500°C.

15 8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado - porque el paquete es homogeneizado de 1 h a 24 h entre 480 y 520°C.

15 9.- Procedimiento de hilado de aleaciones de aluminio de elevada resistencia; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria,

Esta Memoria ha constado de 12 hojas escritas a máquina por - una sola cara.

20

Madrid 4 JUL 1978

CEGEDUR SOCIETE DE TRANSFORMA-
TION DE L'ALUMINIUM PECHINEY.

J. M. BERNIZ ACOSTA
p. p. Firmado J. Suarez

25

30