



ESPAÑA

466461

19 ES	21	NUMERO	10 A 1
22	FECHA DE PRESENTACION		
	30 ENE. 1978		

20 OCT. 1978

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en el presente documento y en el caso de tenerse a la Memoria adjunta.

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
PV. 77 03529	2 de febrero de 1.977	FRANCIA
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B21C, H01B	
64 TITULO DE LA INVENCION		
PROCEDIMIENTO Y APARATO DE COLADA DE TRATAMIENTO TERMICO Y DE LAMINADO EN CONTINUO DE ALEACIONES DE ALUMINIO.		
71 SOLICITANTE (ES)		
SOCIETE DE VENTE DE L'ALUMINIUM PECHINEY.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
23 Bis, rue Balzac, 75.008 PARIS (Francia).		
72 INVENTOR (ES)		
Jean-Claude NICOUD, Ing. y Paul FAIVRE, Ing.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
GOMEZ-ACEBO		

La presente invención se refiere a una nueva gama de laminado y de tratamiento térmico destinada a la fabricación de hilo máquina de aleación de aluminio con endurecimiento estructural y más particularmente a la aleación Al-Mg-Si conductora.

La aleación Al-Mg-Si para conductores eléctricos denominada a continuación A-GS/L ó Almelec tiene como elementos de adición principales:

Hierro : 0,15 % a 0,30 %    Silicio : 0,30 % a 0,70 %  
Magnesio : 0,30 % a 0,85 %    Cobre :  $\leq$  0,20 %

La fabricación de hilo máquina en A-GS/L puede realizarse ya sea por hilado de paquetes redondos en una prensa de hilar, ó por laminado en caliente de paquetes cuadrados ó mediante un último procedimiento que ha suplantado prácticamente los otros dos: la colada continua seguida de laminado en caliente. Este procedimiento consiste en colar entre la garganta de una rueda de colada y una banda refrigerada un desbaste de forma generalmente trapezoidal que a continuación es laminado ya sea en laminadores con acanaladuras ó bien en jaulas constituidas por tres roldanas a  $120^{\circ}$  las unas con relación a las otras. A la salida del laminador, el hilo máquina es bobinado. Este procedimiento se ha desarrollado considerablemente por razones económicas. La inversión es en efecto relativamente pequeña y permite una producción en continuo de bobinas de peso unitario elevado.

Sin embargo, el hilo máquina obtenido por este último procedimiento tiene características ligeramente inferiores a las del hilo producido por los dos primeros procedimientos, no permitiendo el afino muy inferior eliminar la estructura de colada.

Esto no siempre ha tenido una importancia considerable puesto que el Almelec es una aleación con tratamiento térmico y para conseguir las características mecánicas exigidas de los cables, a cuya fabricación está destinada, el hilo debe sufrir un tratamiento de solubilización de temple y de revenido.

Una manera de efectuar este tratamiento térmico consiste en colocar las bobinas de hilo en un horno para realizar la solubilización a una temperatura comprendida entre 500 y 580°C, y en templarlas en agua fría. El hilo es a continuación trefilado y el revenido es efectuado al estado del diámetro final.

En este método, el hilo sufre durante el tratamiento de solubilización una recristalización completa muy favorable para la trefilabilidad ulterior del hilo y este tratamiento garantiza la obtención de asociaciones de resistencia mecánica y de conductividad eléctrica suficientemente elevadas para permitir la fabricación de cables aéreos que satisfacen la norma NF C 34 125 ( $R > 32,4 \text{ kg/mm}^2$  y  $p \leq 3,28 \text{ u}\Omega\text{.cm}$  para los hilos de diámetro inferior a 3,6 mm antes del cableado).

Este procedimiento presenta sin embargo algunos inconvenientes: se trata de una operación discontinua practicada en bobinas, y que interrumpe por tanto el ciclo continuo de fabricación, del metal líquido al hilo. Además, es difícil de conseguir un estado metalúrgico idéntico en todas las espiras de una bobina, siendo las duraciones de residencia y velocidades de temple bastante diferentes entre una espira externa y otra interna.

Por estas razones, es más ventajoso utilizar a la salida del laminador, el dispositivo descrito en la patente fran

cesa 2.261.816 que permite refrigerar rápidamente el hilo a la salida del laminador, a una temperatura inferior a 150°C.

5 Pero, para que este temple sea suficientemente eficaz para garantizar características mecánicas y eléctricas elevadas en el hilo trefilado revenido, es preciso evitar el tener que precipitar demasiados elementos endurecedores ( $Mg_2Si$  en este caso) durante las operaciones de transferencia del desbaste solidificado hasta el laminador y de laminado, lo que exige una temperatura de desbastado elevada, a la salida de la rueda de colada, por ende condiciones de colada severas para el uti-  
10 llaje en ausencia de recalentamiento entre la rueda de colada y el laminador. Además, incluso en estas condiciones de temperaturas elevadas, el hilo máquina tiene una estructura fibrada y no recristalizada.

15 La solicitante ha descubierto un procedimiento que permite resolver estas dificultades y cuyo principio consiste en proceder después de un primer laminado a un recalentamiento en continuo del desbaste permitiendo a la vez hacerle recristalizar parcialmente ó con preferencia totalmente antes  
20 del laminado ulterior, y poner de nuevo en solución los elementos endurecedores que han precipitado durante la transferencia del desbaste ó durante su paso a través del primer laminador.

25 La instalación destinada a la realización de la invención, y representada esquemáticamente en el dibujo anexo, comprende:

30 a) una rueda de colada (1) alimentada con metal líquido y que solidifica un desbaste trapezoidal de sección comprendida por ejemplo entre 900 mm<sup>2</sup> y 5.000 mm<sup>2</sup>. Este desbaste se esquematiza en (2).

b) Un laminador desbastador (3) compuesto generalmente por varias jaulas sucesivas ya sea de tipo laminador con acanaladuras, ó bién de tipo laminador con 3 roldanas. La reducción total de este laminador  $(S_0-S)/S_0$  está comprendida entre 20 % y 85 % y, con preferencia, entre 30 y 70 % con  $S_0$  = sección del desbaste a la entrada del laminador (3);  $S$  = sección del desbaste a la salida del laminador (3). La temperatura de entrada del desbaste es superior a 440°C.

c) Un dispositivo de recalentamiento rápido (4) situado inmediatamente a la salida del primer laminador y que permite aumentar la temperatura del desbaste de 30 a 150°C y mantenerlo entre 450 y 550°C y, con preferencia, entre 480 y 530°C (campo de temperatura en el que el magnesio y el silicio están totalmente en solución sólida en equilibrio en los límites de composición definidos más arriba).

Este recalentamiento en continuo puede ser efectuado en una ó varias zonas y realizado por cualquier procedimiento conocido, por efecto Joule, mediante horno de inducción, horno calentado por combustible ó de resistencias eléctricas. La potencia de calentamiento está preferentemente subordinada a la temperatura del desbaste a la salida del horno.

d) Un segundo laminador acabador (5), compuesto igualmente de varias jaulas sucesivas destinado a reducir la sección del desbaste a la sección final del hilo. Este segundo laminador está situado a una distancia de 4 a 15 metros del horno precedente (4).

e) Una instalación de temple en continuo (6) que permite enfriar el hilo a una temperatura inferior a 200°C y, preferentemente, inferior a 150°C (temperatura por encima de la cual se produce una precipitación importante de  $Mg_2Si$ ).

f) Un bobinador (7).

5 Con respecto a una instalación clásica de colada y de laminado continuos, se vuelve a cortar la línea de laminado tras una reducción del 20 % al 85 % y a colocar entre la parte precedente y la subsecuente un horno que permite elevar la temperatura del desbaste. El hilo máquina en Almelec, habitualmente de 9,5 mm de diámetro, elaborado por este método y de un modo más general, los hilos de aleación con endurecimiento estructural, para usos mecánicos por ejemplo, poseen con respecto a los hilos máquina actuales las siguientes propiedades:

10 - mejora de la textura, es decir disminución del tamaño del grano por recristalización total ó parcial durante el laminado en caliente,

15 - aumento de los alargamientos y de la zona plástica (entre el límite elástico y la carga de ruptura) merced a la disminución de la acritud residual,

- disminución de las segregaciones externas.

Estos tres factores conducen a una mejor trefilabilidad del hilo máquina.

20 - Solubilización más completa de los elementos de adición que participan en el endurecimiento estructural durante el revenido ulterior, de ahí un aumento de resistividad igual de la carga de ruptura sobre el hilo trefilado revenido,

25 - disminución posible de la temperatura de colada con, como consecuencia, una disminución de los esfuerzos de colada, una disminución de los fallos internos de solidificación y un mejor comportamiento de los utillajes de colada.

Los ejemplos que siguen ilustran las ventajas conseguidas por el procedimiento de la invención.

EJEMPLO 1

Tratamiento según el arte anterior.

A partir de un metal líquido que contiene:

Fe = 0,25 %

Si = 0,57 %

Mg = 0,54 % - Resto % aluminio.

Se cuele a 720°C en una rueda de colada un desbaste de 2.400 mm<sup>2</sup> de sección. El desbaste sale a 470°C a una velocidad próxima de 10 metros por minuto.

A continuación se introduce en un laminador compuesto por 17 jaulas sucesivas, estando provista cada jaula de 3 roldanas dispuestas a 120° las unas respecto de las otras. El desbaste es así progresivamente transformado en un hilo sensiblemente redondo de 9,5 mm de diámetro.

A la salida de la última jaula, el hilo es refrigerado rápidamente a 80°C con ayuda de un dispositivo conforme a la patente francesa 2.261.816 y bobinado.

El hilo máquina así obtenido es a continuación trefilado hasta un diámetro final de 3 mm sin tratamiento intermedio y después sufre un tratamiento de revenido de 3 horas a 165°C.

EJEMPLO 2

Tratamiento según la invención:

a partir de la misma composición de metal líquido, se cuele a 720°C sobre una rueda de colada del mismo modo que en el ejemplo precedente, un desbaste trapezoidal de 2.400 mm<sup>2</sup> de sección. El desbaste sale igualmente a 470°C a una velocidad próxima de 10 metros/minuto.

El desbaste pasa a continuación en un primer conjunto de laminado compuesto por 4 jaulas que efectúan una reduc-

ción  $\frac{S_o - S}{S_o}$  del 70 % aproximadamente, de la que sale a la velocidad de 0,5 metros/segundo aproximadamente.

5 El desbaste pasa a continuación a un horno de inducción donde su temperatura es aumentada en 80° pasando de 410 a 490°C. Después de un tiempo de residencia de 5 segundos, sufre a continuación un laminado de acabado en un laminador compuesto de 13 jaulas sucesivas que llevan el diámetro del hilo a 9,5 mm.

10 A la salida de la línea y antes del bobinado, el hilo es templado en continuo a una temperatura de 80°C.

El hilo máquina es entonces trefilado como en el caso precedente, hasta su diámetro final de 3 mm y sufre un tratamiento de revenido de 3 horas a 165°C.

### EJEMPLO 3

15 Tratamiento según la invención:

a partir de la misma composición de metal líquido, se cuele a 720°C sobre una rueda de colada del mismo modo que en el ejemplo precedente un desbaste trapezoidal de 2.400 mm<sup>2</sup> de sección. El desbaste sale igualmente a 470°C a una velocidad próxima de 10 metros/minuto.

20 El desbaste pasa a continuación a un primer conjunto de laminado compuesto por 4 jaulas que efectúan una reducción  $\frac{S_o - S}{S_o}$  del 70 % aproximadamente, del que sale a la velocidad de 0,5 metros/segundo aproximadamente.

25 El desbaste pasa a continuación a un horno de inducción donde su temperatura es aumentada en 110°C pasando de 410° a 520°C. Después de un tiempo de residencia de 5 segundos, sufre a continuación un laminado de acabado en un laminador compuesto por 13 jaulas sucesivas que llevan el diámetro del hilo a 9,5 mm.

30

A la salida de la línea y antes del bobinado, el hilo es templado en continuo a una temperatura de 80°C.

El hilo máquina es entonces trefilado como en el caso precedente, hasta su diámetro final de 3 mm y sufre un tratamiento de revenido de 3 horas a 165°C.

Las características mecánicas han sido determinadas en el hilo máquina y en el hilo trefilado de los ejemplos 1, 2 y 3.

Los resultados figuran en las tablas siguientes.

R representa la carga de ruptura en kg/mm<sup>2</sup>

A representa el alargamiento a la ruptura en %

$\rho$  representa la resistencia en  $\mu\Omega.cm$

C representa la conductibilidad en % IACS (International annealed copper Standard).

HILLO MAQUINA 9.5 mm

	R Kg/mm <sup>2</sup>	A 200 %	$\rho$ $\mu\Omega.cm.$
Ejemplo 1 (arte anterior)	19,1	13,3	3,350
Ejemplo 2 (invención re- cocido a 490°C)	18,5	18,6	3,440
Ejemplo 3 (invención re- cocido a 520°C)	18,6	19,1	3,450

HILLO TREFILADO REVENIDO 3 mm

	R Kg/mm <sup>2</sup>	A 200 %	$\rho$ $\mu\Omega\cdot\text{cm.}$	C % IACS
5 Ejemplo 1 (arte anterior)	32,2	7,5	3,184	54,1
Ejemplo 2 (invención reco- cido a 490°C)	35,2	6,0	3,195	54,0
10 Ejemplo 3 (invención reco- cido a 520°C)	35,8	6,1	3,207	53,8

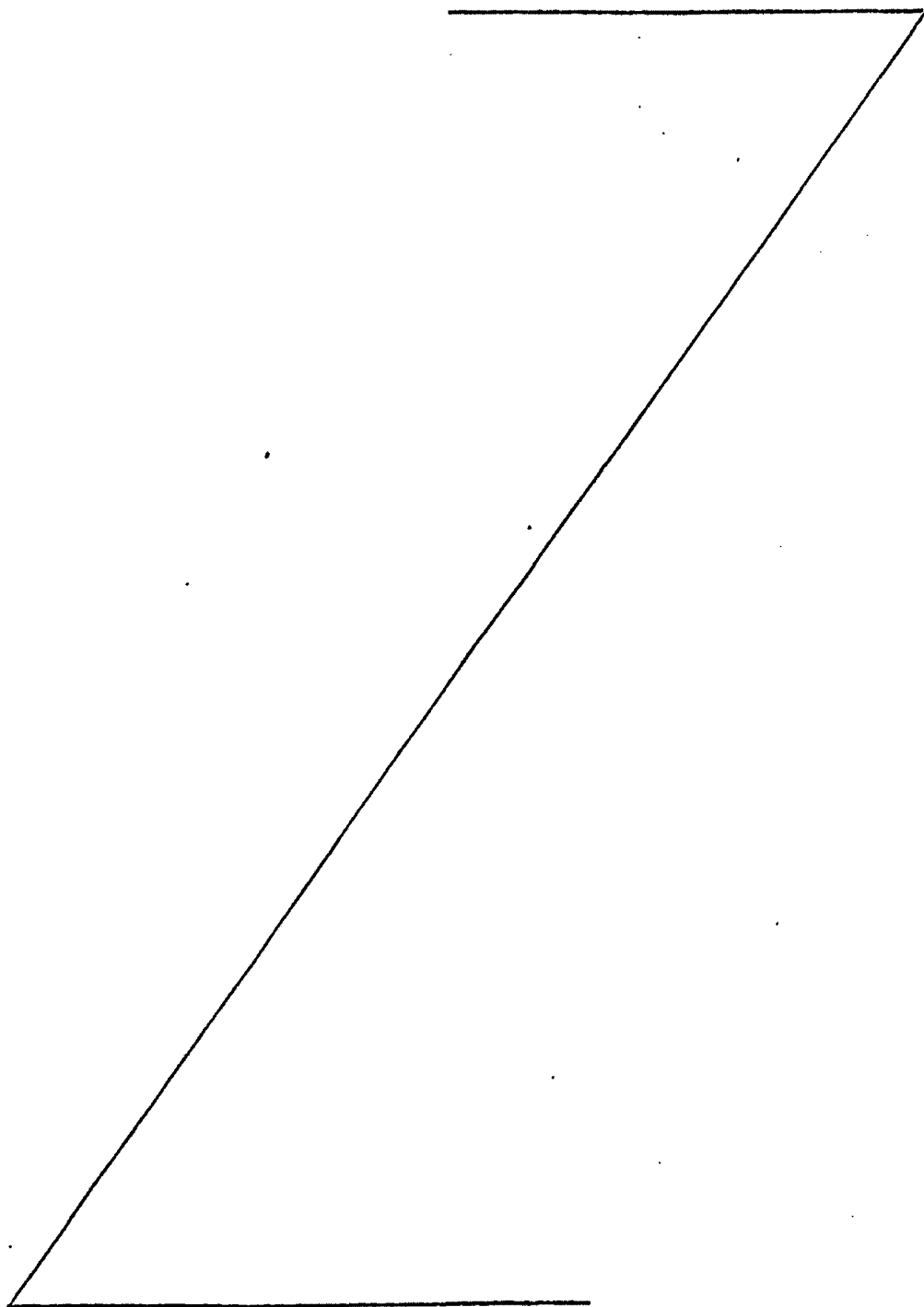
Se observa que en estado de hilo máquina, la carga de ruptura ligeramente más débil y los alargamientos netamente más elevados son la consecuencia de la recristalización intermedia del hilo. La resistividad mayor del hilo según la invención traduce la mejor solubilización de los elementos endurecedores ( $\text{Mg}_2\text{Si}$ ): se sabe en efecto que los elementos en solución sólida aumentan la resistividad del aluminio.

Por el contrario, en el hilo trefilado revenido (estado T 8), todas las características mecánicas y eléctricas del hilo según la invención son superiores y ello tanto más cuanto que la temperatura del recocido intermedio es más elevada.

Aunque la descripción y los ejemplos traten del Al-melec (aleación Al-Mg-Si), el método operatorio según la invención es aplicable a todas las aleaciones de aluminio de endurecimiento estructural y, en particular, a las aleaciones de las series 2.000 (aluminio-cobre-magnesio), 7.000 (aluminio-cinc-magnesio-cobre) y 4.000 (aluminio-magnesio-silicio).

Descrita suficientemente la naturaleza del invento,

así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas, son susceptibles de modificaciones de detalle, en cuanto no alteren su principio fundamental.



REIVINDICACIONES

5 1ª.- Procedimiento y aparato de colada de tratamien-  
to térmico y de laminado en continuo de aleaciones de aluminio,  
con endurecimiento estructural con vistas a la producción de  
hilo máquina, el procedimiento caracterizado porque se procede  
en el desbaste que sale en continuo de la rueda de colada a las  
siguientes operaciones sucesivas: un primer laminado en calien-  
te, a una temperatura de introducción superior a 440°C, que ha-  
ce pasar la sección inicial  $S_0$  del desbaste a una sección S,  
10 tal que  $\frac{S_0 - S}{S_0}$  esté comprendida entre el 20 % y el 85 %; un  
aumento de la temperatura del desbaste que sale de este primer  
laminado comprendido entre 30 y 150°C y que permite llevarlo a  
una temperatura entre 450 y 550°C y, preferentemente, entre  
480 y 530°C, de modo a provocar la solubilización de los ele-  
15 mentos endurecedores de la aleación y la recristalización an-  
tes de la introducción en el segundo laminador; y un segundo  
laminado en caliente que reduce la sección S del desbaste que  
sale del horno de recalentamiento a la sección definitiva del  
hilo máquina.

20 2ª.- Procedimiento según la reivindicación 1, carac-  
terizado porque se somete el hilo máquina, después del segundo  
laminado, a un enfriamiento rápido o temple en continuo.

25 3ª.- Procedimiento según una de las reivindicaciones  
1 ó 2, caracterizado porque la aleación de aluminio con endu-  
recimiento estructural es una aleación aluminio-magnesio-sili-  
cio para conductores eléctricos que contiene, como elementos  
principales, de 0,15 % a 0,30 % de hierro, de 0,30 % a 0,80 %  
de magnesio, y de 0,30 % a 0,70 % de silicio, y eventualmente  
hasta 0,2 % de cobre.

30 4ª.- Aparato para la realización del procedimiento

5 según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque compren-  
de, en serie, un aparato de colada, un primer tren de lamina-  
dores, cuya reducción total  $\frac{S_0 - S}{S_0}$  está comprendida entre  
el 20 % y el 85 %, un horno de recalentamiento de una potencia  
tal que el aumento de la temperatura del desbaste esté compren-  
dido entre 30° y 150°C, y que la temperatura del desbaste esté  
comprendida entre 450 y 550°C y, preferentemente, entre 480 y  
530°C al final del recalentamiento, un segundo tren de lamina-  
dores que lleva la sección del desbaste a la sección final de  
10 hilo máquina, y un dispositivo de temple de hilo en continuo  
antes del bobinado.

5ª.- Procedimiento y aparato de colada de tratamien-  
to térmico y de laminado en continuo de aleaciones de aluminio;  
tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memo-  
ria e ilustrado en el dibujo adjunto.  
15

Esta Memoria consta de 13 hojas, escritas a máquina  
por una sola cara.

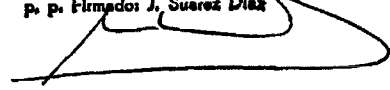
30 ENE 1978

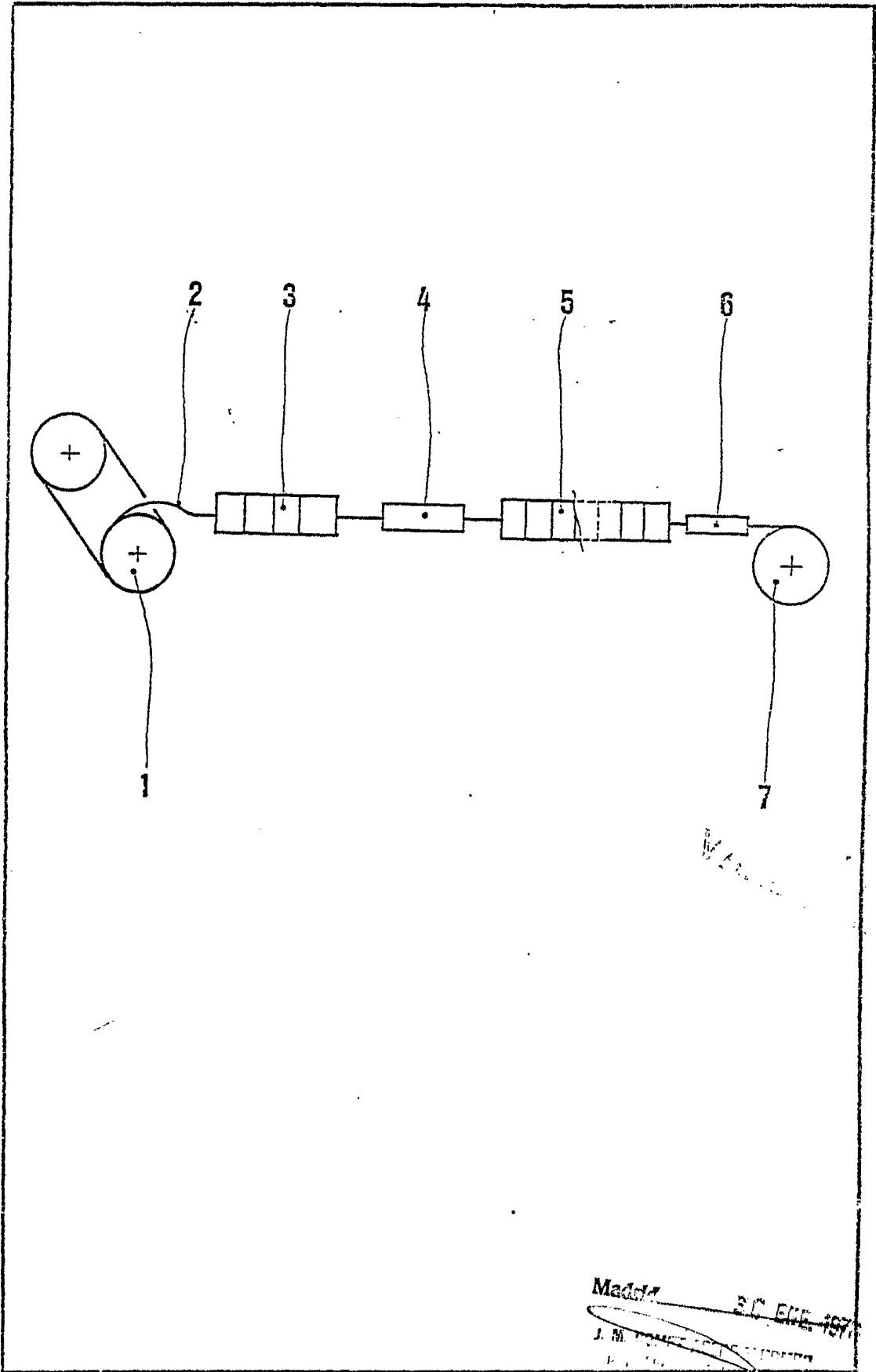
Madrid

SOCIETE DE VENTE DE L'ALUMINIUM PECHINEY

J. M. GOMEZ ACEBO Y PARRA

p. p. Firmador: J. Suarez Diaz





Madrid 30 Ene 1971

J. M. ...

*[Handwritten signature]*