

12



PATENTE DE INVENCION

BR 1748

Pat. Cl. c 22e

439541

Memoria Descriptiva

sobre:

PERFECCIONAMIENTOS EN LA FABRICACION DE
ALEACIONES DE ALUMINIO

=====

Solicitante: CEGEDUR SOCIETE DE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM
PECHINEY; entidad francesa, residente en 66 Av.
Marceau 75008 PARIS, Francia., y SOCIETE POUR LE
FORGEAGE ET L'ESTAMPAGE DES ALLIAGES "FORGEAL",
entidad francesa, residente en 38 Av. Hoche 75008
PARIS, Francia.

=====



La presente invención se refiere a unos perfeccionamientos en la producción de aleaciones de aluminio de endurecimiento estructural que poseen características mecánicas elevadas, en particular con elevadas características en caliente y buen comportamiento a la deformación.

5.

Es perfectamente conocido que la Industrie Aéronautique utiliza varias variedades de este tipo de aleaciones que por sus características elevadas en caliente se destinan en particular a la construcción de aparatos supersónicos. Entre estas aleaciones, la A-U₂GN, descrita en particular en la patente francesa nº 978.805 depositada el 10 de Enero de 1.949, a nombre de Rolls Royce Limited e High Duty Alloys Limited, ha conocido un desarrollo notable entre estos últimos años.

10.

Su composición es la siguiente:

15.

Cobre	1'8 a 2'5 %	
Magnesio	1'2 a 2 %	
Niquel	0'3 a 1'5 %	} con Fe+Ni comprendido entre 1'5% y 2'75%
Hierro	0'85 a 1'5 %	
Silicio	0 a 0'4 %	
20. Titanio	0'02 a 0'2 %	

Las proporciones de cobre y de magnesio en esta aleación permiten el endurecimiento estructural por precipitación submicroscópica de la fase S' Al-Cu-Mg.

25.

Es perfectamente conocido que las adiciones de hierro y de niquel son hechas para conseguir buenas características en caliente y en particular una excelente resistencia a la deformación, en virtud a la existencia de una fase Al-Fe-Ni que constituye un obstáculo para la preparación de las dislocaciones. Pero esta aleación presenta por el contrario características de tenacidad, apreciada por el factor de intensidad

30.



de esfuerzo K_{1C} , y de resistencia a la preparación de las grietas que, sin ser insuficientes, no la clasifican entre las mejores en estos campos.

5. El factor K_{1C} , que permite caracterizar la tenacidad de una aleación, es medido según el método A-STM-E-399-72.

10. El objeto de la invención es una composición nueva de aleación que, comparada a AU₂GN anterior, presenta una tenacidad superior en particular en el sentido transversal a lo ancho, un mejor factor K_{1C} y una mejor resistencia a la propagación de las grietas de fatiga, manteniendo a la vez las excelentes propiedades en caliente y la buena resistencia a la corrosión bajo tensión de esta aleación.

15. La aleación según la invención es una nueva aleación de aluminio que contiene cobre, magnesio y níquel como A-U₂GN anterior pero caracterizada porque las proporciones ponderales en hierro y en níquel han sido llevadas cada una a un valor comprendido entre 0'10% y 0'40% y porque la relación ponderal de la proporción en níquel a la proporción en hierro está comprendida entre 0'9 y 1'3.

20 Forman igualmente parte de la invención: las piezas moldeadas a partir de esta aleación líquida, los semi-productos, planchas, placas, paquetes colados en esta aleación, las piezas obtenidas en esta aleación a partir de los semi-productos por laminado, extrusionado, forjado y de un modo general
25 toda forma de deformación plástica.

30 La Entidad solicitante ha descubierto, con sorpresa, que la acción de la fase Al-FeNi así como la de otros compuestos intermecánicos Al-Cu-Ni y Al-Cu-Fe presentes en la aleación anterior conocida, no es únicamente benéfica. Cada uno de estos tres compuestos tiene, en efecto, una acción nefasta



relativamente importante sobre la resistencia a la propagación de las grietas de fatiga y sobre el factor de intensidad de esfuerzo K_{1C} .

5. La Entidad solicitante ha descubierto igualmente que contrariamente a la opinión generalmente admitida respecto de la acción sobre las características en caliente del compuesto Al-Fe-Ni, una reducción importante de las proporciones en hierro y en níquel no modifica sustancialmente las características en caliente de la aleación. Por el contrario y a condición de que se mantenga la relación ponderal Ni/Fe próxima de 1, la tenacidad, en particular en el sentido transversal a lo ancho, el factor de intensidad de esfuerzo K_{1C} y la resistencia a la propagación de las grietas de fatiga, son netamente mejorados.

10. La composición de la nueva aleación según la invención es por tanto la siguiente:

Cobre	1'80 % a 3'00 %	preferentemente	2'10 % a 2'70 %
Magnesio	1'20 % a 2'70 %	"	1'40 % a 2'00 %
Níquel	0'10 % a 0'40 %	"	0'10 % a 0'35 %
20. Hierro	0'10 % a 0'40 %	"	0'10 % a 0'35 %

con $\frac{Ni}{Fe}$ de 0'9 a 1'3

Titanio	0'01 % a 0'20 %
Silicio	0 % a 0'30 % preferentemente 0'15 % a 0'25 %

25. El cobalto puede ser sustituido parcialmente o incluso totalmente por el níquel.

Otros elementos por ejemplo el circonio, manganeso, cromo, vanadio, molibdeno pueden ser añadidos a proporciones comprendidas entre 0 y 0'4%.

30. Igualmente se puede añadir cadmio, indio y estaño



a proporciones comprendidas entre 0 y 0'2% así como berilio a proporciones comprendidas entre 1 y 2000 ppm.

Por último adiciones de plata de 0 a 1% y de zinc de 0 a 8% pueden también ser hechas.

5. El tratamiento térmico de este tipo de aleación no difiere del de A-U₂GN clásica, es decir que comprende:

- una puesta en solución a una temperatura comprendida entre 520° C y 535° C,

- un temple en agua fría, tibia o hirviendo,

10. - un revenido a una temperatura comprendida entre 150° C y 230° C.

Un estirado entre el temple y el revenido puede ser igualmente practicado. Tiene la ventaja de disminuir y de uniformizar las tensiones internas debidas al temple y aumentar las características mecánicas de la aleación, en particular su límite elástico.

20. Un tratamiento térmico tal como se reivindica en la patente francesa depositada el 7-1-1.974 bajo el nº 7.400.399 puede ser igualmente practicado: consiste en hacer la puesta en solución a una temperatura superior a la de la fusión principiante de la aleación. Esta puesta en solución debe durar un tiempo suficiente para que las fases líquidas aparecidas sean prácticamente reabsorbidas por completo en el momento del temple. El temple y el revenido son hechos en condiciones

25. idénticas a las indicadas anteriormente. Por ejemplo una puesta en solución hecha a 555° C (en lugar de 520° a 535° C) mejora las características mecánicas: se gana 1 a 2 hbar/ en la carga de ruptura.

30. Con el fin de facilitar la comprensión de la presente invención se evoca sucintamente a continuación el método



de medida y el significado del factor K_1C así como la medición de la velocidad de propagación de las grietas de fatiga.

El factor de concentración de esfuerzos K_1C es medido según el método descrito en la norma ASTM-E-398-72.

5. Sin entrar en el detalle del cálculo de coeficiente, es útil saber, para comprender su significado, que es el principio de este método.

10. Se toma en el producto una muestra tal como se representa en la figura 1. La línea que une los centros de los dos orificios, está en el sentido transversal a lo ancho; la arista de la entalla realizada por trabajado está en el sentido transversal a lo largo.

15. Se somete entonces la muestra a una serie de ciclos de tracción ondulada fijándola sobre una máquina de fatiga por medio de mandriles que pasan por los orificios. Se detienen los ciclos de tracción ondulada cuando se ha iniciado una grieta de fatiga de longitud aproximadamente 1'3 mm (1/20 pulgadas) medida en la superficie de la muestra a partir de la porción extrema de la entalla. La muestra es a continuación, siempre por medio de mandriles que pasan por los orificios, montada en una máquina de tracción. Se ejerce entonces una fuerza creciente hasta la ruptura registrando la fuerza de tracción en función de la separación de los bordes de la muestra medida con ayuda de un captador. Se obtiene una curva tal como se representa en la figura 2.

20. Un método gráfico permite determinar la carga P_q cuya aplicación ha provocado la propagación de la grieta realizada por fatiga una longitud igual al 2% de su valor inicial. El coeficiente K_1C es proporcional a P_q , siendo calculado el factor de proporcionalidad en función de las dimensio-

25.

30.



nes geométricas de la muestra y de la longitud de la figura iniciada previamente por fatiga. Este coeficiente se expresa en $hbarV_{mm}$.

5. Contra más elevado sea el factor $K_{I,C}$ para una muestra determinada y contra más elevado sea P_q , más elevada será la fuerza a ejercer para hacer progresar la grieta de 2%.

La velocidad de propagación de las grietas de fatiga es medida de la siguiente manera:

10. Se perfora en el centro de una muestra rectangular de 250 mm de longitud, 100 mm de anchura y 1'6 mm de espesor, un orificio central de 2 mm de diámetro. Se somete esta muestra a ciclos de fatiga en tracción ondulada y se mide sobre clichés fotográficos tomados a intervalos regulares la longitud de las grietas. A continuación se traza la curva de la longitud de la grieta en función del número de ciclos, lo que
15. permite medir la velocidad de propagación de las grietas.

Los ejemplos indicados a continuación son dados a título meramente ilustrativo y no presentan carácter alguno limitativo respecto de la presente invención. Se refieren a
20. una serie de tratamientos y de medidas de características sobre cinco aleaciones cuyas composiciones son las siguientes:

	Aleación 0	Cu = 2'65 %	Aleación 1	Cu = 2'63 %
	testigo	Mg = 1'64 %		Mg = 1'60 %
		Fe = 1'07 %		Fe = 0'30 %
25.		Ni = 1'19 %		Ni = 0'35 %
		Si = 0'22 %		Si = 0'22 %
		Ti = 0'10 %		Ti = 0'10 %
	Aleación 2	Cu = 2'63 %	Aleación 3	Cu = 2'65 %
		Mg = 1'60 %		Mg = 1'64 %
30.		Fe = 0'15 %		Fe = 0'29 %



	Ni = 0'17 %	Ni = 0'36 %
	Si = 0'22 %	Si = 0'22 %
	Ti = 0'10 %	Ti = 0'10 %
		Zr = 0'12 %
5.	Aleación 4 Cu = 2'65 %	Ni = 0'10 %
	Mg = 2'04 %	Er = 0'12 %
	Fe = 0'15 %	
	Ni = 0'17 %	
	Si = 0'23 %	
10.	Ti = 0'11 %	

La aleación 0 es la aleación testigo de composición conforme a la patente francesa 978.805. Las demás aleaciones son composiciones diferentes que entran todas en el marco de la invención.

15. 1^{er} EJEMPLO

Las aleaciones 0, 1, 2 y 3 son coladas en semi-continuo, en forma de planchas de sección 120 x 380 mm y después homogeneizadas 20 h a 520° C.

20. Después de la cuadratura y descortezamiento de las superficies, las planchas son recalentadas a 480° C y laminadas por pasadas de 10 mm hasta el espesor de 45 mm. El tratamiento de las chapas espesas así obtenidas comprende a continuación las siguientes fases:

- 25.
- puesta en solución de 10 h a 530° C
 - temple en agua
 - tracción entre el temple y el revenido que corresponde a un alargamiento permanente del 2%
 - revenido final de 20 h a 190° C.

30. Muestras de tracción en el sentido transversal a lo largo y en el sentido transversal a lo ancho, muestras de me-



dida del coeficiente K_{1C} , muestras de velocidad de propagación de grietas y muestras de deformación han sido tomadas en las chapas obtenidas a partir de las cuatro planchas de aleación.

5. Las características mecánicas así como el factor K_{1C} figuran en el cuadro siguiente:

10.	ALEACIO- NES	Características mecánicas de tracción					K_{1C} Sentido transversal a lo ancho	
		Sentido transversal a lo largo			Sentido transversal a lo ancho			
		Rp0'2 hbar	Rm hbar	A %	Rp0'2 hbar	Rm hbar	A %	hbar Vmm
	0	41'6	45'9	8'5	40'8	46'3	8'7	71'4
	1	41	45	8'4	40'2	45'1	7'9	84
	2	40'5	44'6	7'9	39'1	44'3	7'1	98'6
15.	3	41'2	45'2	8'9	40'1	45'2	7'8	86'9

20. Se comprueba que los coeficientes K_{1C} de las aleaciones 1, 2 y 3 (nueva composición) son netamente superiores (del 38% en el mejor caso) al de la aleación testigo (antigua composición) sin que las características de tracción sean disminuidas de forma significativa.

Las velocidades de fisuración por fatiga expresadas en mm, para 1000 ciclos, medidas entre 5 y 20 mm son las siguientes:

25.	Aleaciones	Velocidad media de propagación mm/1000 ciclos
	0	0'87
	1	0'69
	2	0'64
30.	3	0'79



Se comprueba por tanto que las aleaciones según la invención tienen velocidades de propagación de grietas inferiores a las de la aleación 0 tomada como testigo.

5. Los esfuerzos de deformación $\sigma_{0.1}^{100}$ en el sentido transversal a lo ancho, han sido igualmente determinados; $\sigma_{0.1}^{100}$ representa el esfuerzo que provoca un alargamiento de deformación del 0.1 % en 100 h de mantenimiento a la temperatura.

10. Los resultados de deformación a las temperaturas de 130° C y de 175° C figuran en el cuadro siguiente:

Aleaciones	$\sigma_{0.1}^{100}$	
	A 130° C hbar	A 175° C hbar
0	27.5	17.6
1	27.0	17.9
2	26.4	17.3
3	27.2	18.0

15.

20.

La resistencia a la deformación de las aleaciones 1, 2 y 3, objeto de esta invención es por tanto completamente comparable a la de la aleación 0 tomada como base de comparación.

25.

2º EJEMPLO

Las aleaciones de composición 0.2 y 4 han sido coladas en semi-continuo en forma de planchas de 120 x 380 mm y después homogeneizadas 20 horas a 520° C.

30.

Después del descortezamiento de las superficies, las planchas son recalentadas a 489° C y laminadas por pasa-



das de 10 mm hasta un espesor de 45 mm.

Las chapas espesas experimentan a continuación un tratamiento de puesta en solución a 530° C durante 10 horas y después un temple en agua fría.

5. A continuación, y esta vez sin enderezamiento por tracción entre el temple y el revenido, se practica un revenido de 20 horas a 203° C a fin de obtener un estado T 6 que se utiliza generalmente en el caso de los productos forjados y matrizados.

10. Las características de tracción han sido medidas en los sentidos transversal a lo largo y transversal a lo ancho.

Los resultados obtenidos figuran en el cuadro siguiente:

15.

Aleaciones	Sentido transversal a lo largo			Sentido transversal a lo ancho		
	Rp0,2 hbar	Rm hbar	A 5'65 % VSo	Rp0,2 hbar	Rm hbar	A 5'65 % VSo
0	37'3	42'8	6'9	38'3	43'5	6'8
20. 2	38'3	42'5	6'6	38'2	42'2	5'3
4	40'3	44'3	6'2	40'2	44	5

25. En el estado T6 (temple-revenido), la aleación 2 tiene características mecánicas de tracción comparables a las de la aleación 0. La aleación 4 alcanza un límite elástico y una carga de ruptura superiores a los de la testigo.

30. El factor K_{1C} pasa de un valor de 82 hbar Vmm en el caso de aleación 0 a 102 hbar Vmm para la aleación 2 y 103 hbar Vmm para la aleación 4.



N O T A

5. 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 nº 74 25.425 de 23 de Julio de 1.974; acogiendo por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor siendo lo que constituye la esencia del referido invento por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre: PERFECCIONAMIENTOS EN LA FABRICACIÓN DE ALEACIONES DE ALUMINIO; caracterizándose por lo siguiente:
- 10.
15. 1.- Perfeccionamiento en la fabricación de aleaciones de aluminio, del tipo que contienen cobre entre 1'80 y 3'00%, magnesio entre 1'20 y 2'70%, titanio entre 0'01 y 0'2%, silicio entre 0 y 0'30%, hierro y al menos un elemento del grupo níquel y cobalto, caracterizados porque la proporción en hierro se disponen entre 0'10 y 0'40%; la proporción total en níquel más cobalto se dispone entre 0'10 y 0'40%; y la relación de la proporción en níquel aumentada en la proporción en cobalto a la proporción en hierro es próxima de 1, preferentemente comprendida entre 0'9 y 1'3.
- 20.
25. 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque suplementariamente se dispone al menos uno de los elementos Zr, Mn, Cr, V, Mo, cada uno de ellos en una proporción comprendida entre 0 y 0'4%.
30. 3.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizados porque suplementariamente se dis-



pone al menos uno de los elementos Cd, In, Sn, Be, cada uno de ellos en una proporción comprendida entre 0 y 0'2%.

5. 4.- Perfeccionamientos según una de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizados porque se dispone al menos uno de los elementos siguientes: plata en el límite de 0 a 1%, zinc en el límite de 0 a 8%.

5.- Perfeccionamientos en la fabricación de aleaciones de aluminio, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

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

Madrid, 12 ENE. 1976

15. CEGEDUR SOCIETE DE TRANSFORMATION DE L'ALUMINIUM PECHINEY, y SOCIETE POUR LE FORGEAGE ET L'ESTAMPAGE DES ALLIAGES "FORGEAL"

GOMEZ ACEBS Y MODEY
p. p. Firmados L. Garcia Fernández



FIG. 1

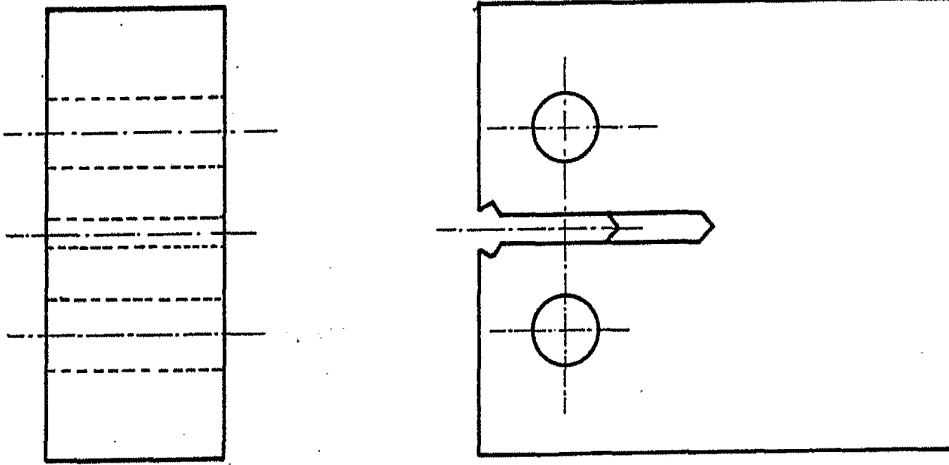
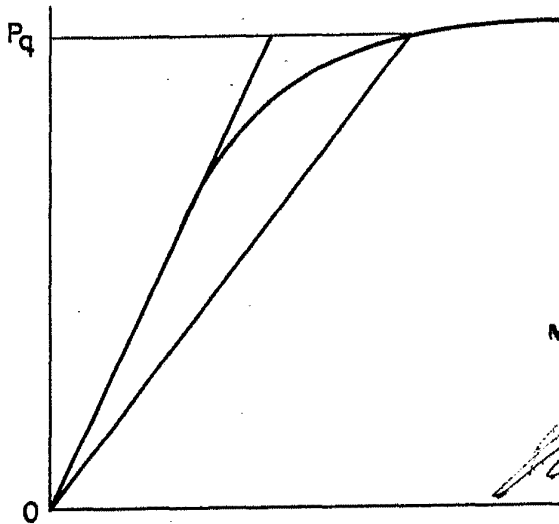


FIG. 2



ESCALA
VARIABLE

12 ENE. 1975

Madrid

J. GOMEZ ACEBOS Y MODEJ

En p. Firmador: L. Gato Fernández