

375477

375477 15

C-22	_____
C	_____
DIRECCION	
NACIONAL	

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de un

PRIMER CERTIFICADO DE ADICION

Solicitante: ELECTRONIC SPECIALTY COMPANY.

Residencia: 4561 Colorado Boulevard, LOS ANGELES,  
California, Estados Unidos.

Enunciado: MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL OBJETO DE LA PATENTE PRINCIPAL No. 332.393 POR: "UN METODO PARA HACER PIEZAS FUNDIDAS CON ALEACIONES DE ALUMINIO".

Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense No. 791.506 del 15-1-69.

ES

375477

15



Extracto de la descripción

Una aleación para fundición a base de aluminio de alta resistencia que incluye de 3,5 a 6,0% de cobre, de 0,05 a 3,0% de plata, de 0,15 a aproximadamente 0,4% de magnesio, hasta 1% aproximadamente de manganeso y el resto de aluminio. Las piezas fundidas producidas utilizando la aleación y sometidas a tratamiento térmico de solución y envejecidas han permitido resistencias superiores a 3.515,34 kg/cm<sup>2</sup> (50.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), resistencias a la tracción superiores a 4.218,41 kg/cm<sup>2</sup> (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), por lo menos 5% de alargamiento y una elevada resistencia a la corrosión.

Descripción del invento

El presente invento se refiere a aleaciones de aluminio, y más particularmente a aleaciones de fundición de aluminio de alta resistencia y a los métodos para su producción. Particularmente esta invención constituye una mejora del método para hacer piezas fundidas con aleaciones de aluminio objeto de la patente principal nº 332.393, concedida el 5 de abril de 1967.

Hace mucho tiempo que se necesitan piezas fundidas de aleación de aluminio con resistencia física elevada, no solamente para sustituir piezas de aluminio de alta resistencia más costosas hechas por forjado, extrusión, laminación en frío, y mecanización, sino también para que puedan adaptarse a las necesidades de un diseño más complicado. Las aleaciones de fundición de aluminio para moldeo de piezas existen, pero la resistencia de estas piezas está muy por debajo de la que puede obtenerse con placas y lingotes mecanizados, piezas forjadas y mecanizadas, y conjuntos forjados.

Actualmente, se utiliza ampliamente la aleación de fundición de aluminio 356 pero esta no tiene una resis-



375477

tencia suficiente para numerosas aplicaciones. Se utilizan igualmente las aleaciones de aluminio 195 y 357, pero les faltan igualmente resistencia a la tracción y a la flexión necesaria en numerosas piezas de aluminio de alta resistencia. Unas pocas aleaciones especiales para fundición de aluminio tales como las aleaciones Tens 50, APM y NA222 así como las aleaciones experimentales tales como ST60 y M710 han sido utilizadas para obtener resistencias relativamente elevadas. Por ejemplo la aleación APM tiene una composición nominal de 4 - 5% de cobre aproximadamente, 0,3% de magnesio aproximadamente, y rastros de titanio, silicio y hierro, y puede tratarse para obtener una resistencia a la tracción de 3.163,81 Kg/cm<sup>2</sup> ( 45.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) una resistencia a la flexión de aproximadamente 2.109,20 Kg/cm<sup>2</sup> (30.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y un alargamiento de 5 á 10%. La presencia del cobre en la aleación de fundición de aluminio aumenta la resistencia de la aleación, pero incrementa igualmente la susceptibilidad de la aleación a la corrosión.

El presente invento provee una aleación a base de aluminio mejorada que está virtualmente exenta de problemas de corrosión y con la cual pueden hacerse piezas fundidas que tienen una resistencia a la tracción máxima superior a 4.921,48 Kg/cm<sup>2</sup> (70.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), una resistencia a la flexión superior a 4.218,41 Kg/cm<sup>2</sup> (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), y aproximadamente de 4 á 10% o más de alargamiento. Además, se pueden garantizar en piezas comerciales endurecidas, propiedades de hasta 4.569,95 Kg/cm<sup>2</sup> (65.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) de resistencia a la tracción, 3.866,88 Kg/cm<sup>2</sup> (55.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) de resistencia a la flexión y un alargamiento de 8%, mientras que con pie-

375477

15 ENE



zas fundidas en arena sin endurecimiento, se puede obtener una resistencia a la tracción de 4.218,41 Kg/cm<sup>2</sup> (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) una resistencia a la flexión de 3.515,34 Kg/cm<sup>2</sup> (50.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y un alargamiento de 3%.

5 Estas propiedades son comparables con las que se obtienen normalmente solo con piezas forjadas de aluminio y no con piezas fundidas de aluminio. La aleación que constituye el núcleo de la presente Memoria, sin embargo, ha superado todos sus competidores proveyendo una aleación de aluminio satisfactoria para fundición de alta resistencia.

10

No solamente las propiedades de la presente aleación de aluminio son mejores que la de las demás aleaciones disponibles, sino que las propiedades de las piezas fundidas de acuerdo con un modo de realización del presente invento, que se dá a título de ejemplo, siguen siendo elevadas a temperaturas fuertes. Por ejemplo, a 260°C (500°F) los resultados de las pruebas indican una resistencia a la tracción máxima superior a 2.320,12 Kg/cm<sup>2</sup> (33.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), una resistencia a la tracción superior a 2.249,81 Kg/cm<sup>2</sup> (32.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y un alargamiento de 14%. Incluso a la temperatura de 316°C (600°F), las piezas fundidas han presentado una resistencia a la tracción superior a 1.335,83 Kg/cm<sup>2</sup> (19.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) una resistencia a la flexión superior a 1.335,83 Kg/cm<sup>2</sup> (19.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y un alargamiento de 16% aproximadamente. Esto ha de compararse con la mayoría de las aleaciones de aluminio para fundición que pierden virtualmente toda su resistencia a temperaturas tan elevadas.

15

20

25

30

En resumen, la aleación del presente invento contiene, además de su base de aluminio, esencialmente de 3,5%

375477



5 ó 4,2% hasta 6,0% de cobre aproximadamente, y de 0,05% á 3,0% de plata aproximadamente, y hasta 1% de manganeso aproximadamente. Para obtener resultados óptimos, el cobre esta presente en la cantidad de 4,7% á 5,3% aproximadamente, y la plata en la cantidad de 0,40% á 1,0% aproximadamente, y la aleación incluye de 0,15 á 0,40% de magnesio aproximadamente.

10 Los porcentajes mencionados en esta Memoria y en las reivindicaciones son porcentajes en peso. El término "hasta" utilizado aquí significa desde 0% hasta el porcentaje designado.

15 Si el contenido de cobre varía cayendo por debajo de 3,5%, la resistencia de la aleación se ve afectada de manera perjudicial. Con un contenido reducido de manganeso el límite inferior preferido para el cobre es de 4,2% aproximadamente. Se han obtenido las propiedades óptimas con cantidades de cobre incluidas entre 4,7 á 5,3%.

20 Aparentemente la plata mejora la dispersión del cobre en la aleación aumentando su resistencia y contrarrestando la tendencia de la aleación de aluminio a sufrir corrosión en razón del elevado porcentaje de cobre. La cantidad de plata puede aumentarse sustancialmente encima del 1% sin que las propiedades físicas de la aleación sean afectadas de manera perjudicial. Sin embargo, puesto que la plata es un metal costoso, una cantidad superior al 1% o incluso al 0,7%, no hace mas que aumentar innecesariamente el coste de la aleación sin cambiar de manera notable sus propiedades físicas y su capacidad en reducir la corrosión.

30 La resistencia a la tracción, la resistencia a la flexión, y el alargamiento, se mejoran todavía más si se

375477

15



añade zinc en una cantidad que puede llegar a 4,0%, obteniéndose buenos resultados con una cantidad de zinc incluida entre 1,0% y 3,0% aproximadamente.

5 Estas resistencias se aumentan igualmente por medio de la adición de una cantidad relativamente pequeña de magnesio incluida entre 0,15 y 0,4% aproximadamente. Las mejores propiedades han sido observadas cuando el contenido de magnesio se mantiene entre 0,2 y 0,3%.

10 El titanio es beneficioso para asegurar una estructura de grano fino en la aleación, lo que es importante para el éxito del tratamiento térmico de solución de acuerdo con el método del presente invento. El titanio puede estar presente en una cantidad de 0,15% a 0,7% aproximadamente, y preferentemente entre 0,20% y 0,30%. En algunos 15 casos, se mantiene el titanio en su límite inferior, y se añade una cantidad suplementaria de este metal, cuando se funde de nuevo la aleación, puesto que este procedimiento mejora la estructura del grano.

20 La cantidad de silicio se mantiene inferior a 0,15% con el objeto de evitar la "calcinación" y la cantidad de hierro se mantiene por debajo de 0,15% de manera que la aleación responda de manera adecuada al tratamiento térmico. Para obtener los resultados óptimos, tanto el silicio como el hierro se mantienen por debajo de 0,1% aproximadamente, y preferentemente por debajo de 0,05% aproximadamente. 25

30 La adición de boro no es esencial para la preparación de la aleación pero conviene generalmente añadir una pequeña cantidad de este metal, incluida entre 0,001% y 0,05%, cuando se funde de nuevo la aleación, para mejorar

375477

15



la estructura granular.

El contenido de manganeso de la aleación puede variar de 0 á 1% en peso aproximadamente sin perjudicar la aleación. La adición de 0,2 á 0,8% de manganeso, mejora las propiedades de la aleación a temperaturas elevadas y es preferida por este motivo. La mejor combinación de propiedades ha sido obtenida manteniendo el contenido de manganeso a 0,3% aproximadamente.

Los elementos tales como el molibdeno y el cerio se mantienen preferentemente por debajo de 0,3% cada uno, el cromo se mantiene por debajo de 0,5% aproximadamente.

Las gamas anchas y estrechas así como una composición a título de ejemplo de la aleación del presente invento se indican en la tabla siguiente:

T A B L A

Elementos	Gama ancha (% en peso)	Gama estrecha (% en peso)	Valor a título de ejemplo (% en peso)
Cobre	3,5 - 6,0	4,7 - 5,3	4,9
Plata	0,05 - 3,0	0,40 - 1,0	0,60
Titanio	0,15 - 0,7	0,20 - 0,30	0,25
Silicio (maximo)	0 - 0,15	menos de 0,10	0,05
Hierro (máximo)	0 - 0,15	0 - 0,03	nada
Boro	0,001 - 0,05	0,001 - 0,01	0,002
Manganeso	0 - 1	0,2 - 0,8	0,3
Molibdeno	0 - 0,3	0,3	nada
Cerio	0 - 0,3	0,3	nada
Cromo	0 - 0,5	0,3	nada
Otros (cada uno)	0 - 0,05	0,05	nada
Otros (total)	0 - 0,15	0,15	nada
Zinc	0 - 4,0	1,0 - 3,0	2,0
Magnesio	0,15 - 0,4	0,20 - 0,30	0,24
Aluminio	Resto	Resto	resto



375477

Se ha preparado un baño típico de aleación de la manera siguiente: Se han fundido aproximadamente 34,019 Kg. (75 libras) de desechos (bebederos y conductos de salida de gases procedentes de piezas fundidas que han de ser fundidas de nuevo) con aproximadamente 22,679 Kg. (50 libras) de aluminio de gran pureza (aluminio puro al 99,8% - 99,99%), y aproximadamente 1,814 Kg (4 libras) de aleación principal de aluminio-titanio (5% de titanio, el resto de aluminio) en un crisol de carburo de silicio situado en un horno calentado por gas. El control de la temperatura ha sido asegurado por un termopar cromel-alumel y un potenciómetro. Después de llegar a la temperatura de 704°C (1,300°F) aproximadamente, se añadieron 1,274 Kg (2,75 libras) de cobre electrolítico y 0,149 Kg (0,33 libras) de plata. En caso de añadir zinc se hubiese añadido conjuntamente con el cobre y la plata. Después de la disolución de los metales, se llenó el crisol con una cantidad suplementaria de 20,411 Kg. (45 libras) de desechos de coladas anteriores para proveer una composición incluida en las gamas dadas en la tabla precedente. Cuando la temperatura alcanzó de nuevo 704°C (1.300°F), se hizo barbotar nitrógeno a través del baño utilizando un tubo de grafito para eliminar los gases perjudiciales, tales como el nitrógeno producido por la descomposición de la humedad y se dejó subir la temperatura hasta 760°C (1.400°F). Se añadieron 0,226 Kg (0,5 libras) de una aleación de aluminio-titanio-boro (5% de titanio, 1% de boro, estando el resto compuesto sustancialmente en su totalidad por aluminio), así como 0,081 Kg (0,18 libras) de magnesio puro. Se comprobó la posible existencia de gas higrógeno disuelto en el metal, y en caso de comprobación po-



sitiva, se hubiese añadido una cantidad suplementaria de nitrógeno por barboteo hasta obtener una respuesta negativa.

5 Se añadió a continuación al baño una cantidad de 0,045 Kg (0,10 libras) de un refinador de grano (mezcla de dos partes de fluoruro de titanio-potasio con una parte de borofluoruro de potasio) y después de esperar por lo menos diez minutos, una vez que la temperatura de colada de 718°C á 774°C ( 1.325°F á 1.425°F) aproximadamente, (según la forma y el tamaño de la pieza fundida) hubo sido alcanzada, 10 la colada se hizo en un molde, incluyendo un molde de barra de prueba y una muestra para análisis químico. Una temperatura de colada de 746°C (1.375°F) es adecuada para una amplia gama de piezas. Una temperatura de colada demasiado baja produce propiedades mecánicas defectuosas.

15 En una variante de este procedimiento de fusión, que ha sido igualmente utilizada con éxito, se introdujo aproximadamente 28,34 gramos (1 onza) de píldoras de exacloretano por cada 68,038 Kg (150 libras) de metal, una vez que este hubo alcanzado la temperatura de 704°C (1.300°F) 20 para eliminar los rastros de sodio que pudieran estar presentes. Se puede utilizar gas cloro para el mismo efecto. A continuación se añadieron el magnesio y la aleación de aluminio-titanio-boro. Después de realizar la despumación de la colada, se añadió el refinador de grano y se hizo barbotar nitrógeno a través del baño hasta que la comprobación 25 hubo demostrado que el metal estaba exento de gas. Al mismo tiempo se hizo subir la temperatura hasta un valor incluido entre 746°C y 760°C (1.374°F y 1.400°F). Las temperaturas de colada preferidas son las mismas con cualquiera 30 de los dos procedimientos de fusión utilizados.

375477 15 ENE



Se prefiere un molde de colada de arena sin agua. Una arena aglomerada natural es igualmente conveniente, y se pueden utilizar arenas sintéticas pero estas dan lugar a menudo a absorción de gas por reacción entre el metal y la humedad de la arena.

La aleación fundida ha sido a continuación sometida a un tratamiento térmico de solución en un horno eléctrico de templado, calentando la pieza fundida durante 3 a 8 horas a una temperatura incluida entre 527°C y 538°C (980°F y 1.000°F). A continuación se enfrió bruscamente la pieza en agua a una temperatura no superior a 54°C (130°F). A veces el templado produce una deformación de la pieza fundida que se endereza en una prensa o con un mazo de plástico o de madera. Después de enderezar la pieza fundida según las necesidades en el curso de las siguientes 3 horas, se endureció sometiéndola durante 8 a 20 horas a una temperatura incluida entre 138°C y 171°C (280°F y 340°F).

El objeto del tratamiento térmico de solución es el de disolver el compuesto rico en cobre depositado alrededor de la matriz rica en aluminio durante la solidificación de la aleación sin producir la fusión de ninguno de los compuestos. La temperatura y la duración del tratamiento térmico de solución se eligen teniendo en cuenta el tamaño, la forma y el espesor de la pieza fundida a fin de obtener una disolución prácticamente completa del eutéctico en la matriz, lo que se comprueba por examen micrográfico.

El objeto del templado es el mantener la solución sólida sobresaturada de la fase rica en cobre y los demás compuestos intermetálicos en la matriz de aluminio. El templado ha de hacerse tan rápidamente y tan fuertemente



375477<sup>15</sup>

5 como sea posible sin producir grietas. El templado con la aleación a 543°C (1.010°F) produce grietas en las piezas fundidas incluso en las piezas pequeñas. El templado con aleación a 538°C (1.000°F) no produce grietas en las barras de prueba de la aleación, pero da lugar a algunas grietas superficiales ligeras en ciertas zonas de las piezas compli-  
10 cadas. El templado con la aleación a 536°C (995°F) dió lugar a grietas en piezas complejas, endurecidas fuertemente, mientras que las mismas piezas no endurecidas no presentaban grietas. El templado con aleación a 529°C (985°F) no produ-  
15 ce ninguna grieta en las piezas fundidas incluso de hasta 152,4 cm. de largo (5 pies). Por consiguiente, la aleación del presente invento se mantiene preferentemente a una temperatura de 529°C (985°F) cuando ha de templarse incluso si el tratamiento térmico de solución se realiza a una tempera-  
20 tura de 529°C o de 538°C (985°F ó 1.000°F). En tal caso, se reduce preferentemente la temperatura a un valor de 529°C (985°F) aproximadamente antes del templado. Se han templado a 536°C (995°F) sin grietas, piezas hechas con la aleación y que tenían de 25,4 á 38,1 cm. de largo (10 á 15 pul-  
25 gadas) con un espesor de pared incluido entre 0,635 cm. y 1,906 cm. (1/4 á 3/4 pulgada). La temperatura del agua es preferentemente, no superior a 49°C (120°F) y el templado en agua a temperatura ambiente parece mejorar la resistencia a la corrosión.

En general un tiempo de tratamiento térmico de solución de aproximadamente 5 horas, ha sido suficiente para piezas de 6,35 cm. de espesor (2,5 pulgadas). Una temperatura de tratamiento térmico de solución incluida entre  
30 529°C y 538°C (985 y 1.000°F) ha dado resultados satisfac-

15 ENE



375477

5 torios, obteniéndose los resultados óptimos alcanzando la temperatura de 536°C (995°F) durante 2 á 3 horas de un ciclo de 5 horas. Un tratamiento térmico de solución típico consistió en una hora a 529°C (985°F) seguido por 3 horas a 536°C (995°F) seguido por una hora a 529°C (985°F) con un total de 5 horas.

10 Las piezas fundidas cuyas dimensiones no son superiores a 38,1 X 38,1 cm. (15 X 15 pulgadas) y cuyo espesor no es superior a 1,905 cm. (3/4 pulgada) pueden someterse satisfactoriamente a un tratamiento térmico de solución calentando las piezas durante 5 horas a 536°C (995°F). Las piezas fundidas más pequeñas del orden de 20,32 X 2,54 X 1,27 cm. (8 X 1 X 1/2 pulgadas), pueden tratarse térmicamente a 538°C (1.000°F) durante aproximadamente 4 horas.

15 Las piezas se envejecen para precipitar el compuesto de cobre, con el consiguiente endurecimiento de la aleación. La temperatura y la duración del envejecimiento están determinadas por las propiedades precedidas. La resistencia a la tracción de la aleación fundida, mejora generalmente con el incremento del tiempo y de la temperatura hasta el envejecimiento máximo y a continuación empieza a decrecer conforme se sobre-envejece la aleación. Generalmente, la ductilidad de la aleación disminuye conforme la resistencia a la tracción aumenta. Se obtiene una mayor resistencia a los choques envejeciendo la aleación a una temperatura más baja durante un periodo más largo, por ejemplo 20 a la temperatura ambiente por lo menos durante 5 días, pero la resistencia a la flexión se ve reducida. El envejecimiento de la aleación a 160°C (320°F) durante 24 horas aproximadamente, ha dado lugar a un material muy estable que no 25 30



M. 5 E

375477

cambia al transcurrir el tiempo y que presenta igualmente una elevada resistencia a la corrosión. Un envejecimiento a una temperatura más elevada, del orden de  $171^{\circ}\text{C}$  ( $340^{\circ}\text{F}$ ), se obtuvo con éxito en un tiempo inferior, pero a costa de perder algunos porcentajes en el alargamiento. Una aleación que tiene propiedades físicas bastante bien equilibradas se obtiene por envejecimiento a  $146^{\circ}\text{C}$  ( $295^{\circ}\text{F}$ ).

Un tratamiento térmico típico para una pieza fundida, tal como un puntal para tren de aterrizaje de avión es el siguiente: una hora a  $529^{\circ}\text{C}$  ( $985^{\circ}\text{F}$ ), 3 horas a  $536^{\circ}\text{C}$  ( $995^{\circ}\text{F}$ ) y una hora a  $529^{\circ}\text{C}$  ( $985^{\circ}\text{F}$ ), con un total de 5 horas de tratamiento térmico de solución. Templar en cinco segundos en agua a temperatura ambiente, y mantener la pieza 24 horas a temperatura ambiente; a continuación envejecer durante 20 horas a  $160^{\circ}\text{C}$  ( $320^{\circ}\text{F}$ ).

Los mejores resultados han sido obtenidos elevando lentamente la temperatura de la pieza fundida hasta la temperatura de tratamiento térmico de solución por medio de una serie de etapas. En primer lugar se calientan las piezas fundidas a una temperatura de  $504^{\circ}\text{C}$  ( $940^{\circ}\text{F}$ ) y se mantienen a esta temperatura durante 8 horas. A continuación se aumenta la temperatura del horno de tratamiento térmico hasta aproximadamente  $516^{\circ}\text{C}$  ( $960^{\circ}\text{F}$ ) y se mantienen de nuevo a esta temperatura durante 8 horas. Se hace subir de nuevo la temperatura del horno en otros  $6,67^{\circ}\text{C}$  ( $20^{\circ}\text{F}$ ) hasta  $527^{\circ}\text{C}$  ( $980^{\circ}\text{F}$ ) y las piezas fundidas se mantienen a esta temperatura de tratamiento térmico de solución durante otro periodo de 8 horas. La temperatura final del tratamiento térmico de solución se elige sobre la base del contenido de aleación de la pieza fundida, es decir, las cantidades de

375477 15



5 plata, magnesio, manganeso, etc., añadidas al baño. Generalmente, cuando el contenido de aleación de la pieza fundida aumenta, conviene reducir la temperatura final del tratamiento térmico de solución. La temperatura de tratamiento térmico de solución ha de ser bastante elevada para disolver la fase rica en cobre, pero no ha de producir la fusión de ningún compuesto intermetálico. El proceso de envejecimiento depende a la vez del tiempo y de la temperatura. Si se utilizan temperaturas de envejecimiento bajas, conviene aumentar los tiempos de envejecimiento. Por ejemplo, se ha comprobado que se obtienen buenos resultados cuando se envejecen las piezas fundidas durante 20 horas a 154°C (310°F).

15 Los resultados de las pruebas mecánicas sobre piezas mecanizadas a partir de piezas coladas de acuerdo con lo que antecede, y según las técnicas de alta calidad corrientemente disponibles para facilitar la solidificación direccional progresiva, estaban incluidos en la siguiente gama: resistencia máxima a la tracción, 4.179,73 á 4.932,12Kg/cm<sup>2</sup> (59.450 á 70.150 libras/pulgada<sup>2</sup>); resistencia a la flexión, (por medio del método de decalado 0,2%), 3.480,19 á 4.503,19 Kg/cm<sup>2</sup> (49.500 á 64.450 libras/pulgada<sup>2</sup>); y alargamiento, 5% á 17%.

25 Las composiciones químicas de las muestras, determinadas por análisis químico, eran las siguientes:

<u>Elemento</u>	<u>% en peso</u>
Cobre	4,74 á 5,55
Magnesio	0,20 á 0,31
Titanio	0,22 á 0,28
Plata	0,54 á 0,61
Manganeso	hasta 0,8
Silicio-hierro	nada
Aluminio	resto

375477

15 E



La aleación según el invento incluye una gran cantidad de cobre, una parte del cual contribuye a la formación del compuesto inter-metálico  $\text{CuAl}_2$ . Este compuesto ha de disolverse durante el tratamiento térmico. Su solubilidad aumenta con la temperatura, lo que es probablemente responsable del hecho de que el presente invento utiliza una gama de temperaturas de  $523$  á  $538^\circ\text{C}$  ( $975$  á  $1.000^\circ\text{F}$ ) para el tratamiento termico en lugar de la gama de  $504$  á  $521^\circ\text{C}$  ( $940^\circ\text{F}$  á  $970^\circ\text{F}$ ) que se utiliza con la aleación de aluminio convencional tipo 195.

El análisis de otra barra de prueba ha dado la siguiente composición:

<u>Elemento</u>	<u>% en peso</u>
Cobre	4,73
Plata	0,61
Magnesio	0,21
Hierro	nada
Silicio	nada
Manganeso	0,01
Titanio	0,27
Cromo	nada
Niquel	0,02
Aluminio	resto

Los experimentos han mostrado que las mejores propiedades se obtienen cuando el cobre está incluido entre aproximadamente  $4,7\%$  y  $5,3\%$ . Por ejemplo, unas barras de prueba idénticamente tratadas térmicamente, que difieren entre sí solamente por el contenido de cobre, tienen las siguientes propiedades de resistencia a la tracción.



375477

15 E

		Grupo nº 1		Grupo nº 2	
	Cu. (% en peso)	4,20	4,75	4,75	5,75
5	Resistencia máx. a la tracción				
	Kg/cm <sup>2</sup>	3.023,19	4.077,79	4.359,02	3.937,18
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(43.000)	(58.000)	(62.000)	(56.000)
	Resistencia máx. a la flexión.				
	Kg/cm <sup>2</sup>	1.827,97	2.460,74	2.952,88	2.320,12
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(26.000)	(35.000)	(42.000)	(33.000)
10	Alargamiento %	13	14	7,5	2,0

		Grupo nº 3		Grupo nº 4	
	Cu. (% en peso)	5,25	5,75	3,2	5,0
15	Resistencia máx. a la tracción				
	Kg/cm <sup>2</sup>	4.359,02	4.077,79	3.824,74	4.713,70
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(61.000)	(58.000)	(53.400)	(67.500)
	Resistencia máx. a la flexión				
	Kg/cm <sup>2</sup>	3.093,55	2.671,65	3.318,50	4.260,59
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(44.000)	(38.000)	(47.200)	(60.600)
20	Alargamiento %	5,5	4,0	8,0	5,5

		Grupo nº 5	
	Cu. (% en peso)	5,0	6,0
25	Resistencia máxima a la tracción		
	Kg/cm <sup>2</sup>	4.197,30	3.881,49
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(59.700)	(55.200)
	Resistencia máxima a la flexión		
	Kg/cm <sup>2</sup>	3.537,26	3.754,40
	Libras/pulg. <sup>2</sup>	(50.300)	(53.400)
30	Alargamiento %	4,4	1,2

375477 5 EN



El magnesio es a veces considerado como indeseable en las aleaciones de aluminio-cobre de alta resistencia para fundición. Sin embargo, se ha comprobado que en cantidades adecuadas, aumenta la resistencia a la tracción en la aleación del invento. Por ejemplo, unas barras de prueba sometidas al mismo tratamiento térmico, que difieren dentro de cada grupo solo por el contenido de magnesio, tienen las siguientes propiedades de resistencia a la tracción:

Grupo nº 1

Mg. (% en peso)	0,19	0,29	0,38	0,48
Resistencia máx. a la tracción				
Kg/cm <sup>2</sup>	4.534,84	4.963,66	4.924,29	2.109,20
Libras/pulg <sup>2</sup>	(64.500)	(70.600)	(70.400)	(30.000)
Resistencia máx. a la flexión				
Kg/cm <sup>2</sup>	3.937,18	4.668,40	4.738,41	--
Libras/pulg <sup>2</sup>	(56.000)	(66.400)	(67.400)	--
Alargamiento %	5,5	3,0	2,5	0,5

La barra de prueba con 0,48% de magnesio mostraba algunas señales de "calcinación". La gama más favorable para el magnesio es de 0,20% a 0,30% aproximadamente, y según se indica en el ejemplo mencionado más arriba, esta gama parece aumentar la resistencia máxima a la tracción y a la flexión en 10% aproximadamente.

Se añade plata elemental a la aleación porque aumenta la resistencia mecánica de la aleación y aumenta la resistencia de la aleación a la corrosión. La resistencia mecánica de la aleación se mejora por adición de una cantidad de plata no superior a 0,2%. En la gama de 0,4% á 1,5% de plata, la aleación está sustancialmente exenta de corro-

375477

115 EN



sión. La resistencia mecánica parece ser óptima con 0,5% aproximadamente de plata, pero se reduce un poco cuando el contenido de plata alcanza el 3,0%. El efecto de la plata sobre las propiedades está representado por los siguientes grupos de ejemplos de barras de prueba.

5

Grupo nº 1

Ag. (% en peso)	nada	0,60
Resistencia máxima a la tracción		
Kg/cm <sup>2</sup>	4.180,00	4.851,17
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(59.500)	(69.000)
Resistencia máxima a la flexión		
Kg/cm <sup>2</sup>	3.128,57	4.014,48
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(44.500)	(57.100)
Alargamiento %	6,0	8,5

10

15

Grupo nº 2

Ag. (% en peso)	nada	0,20	0,30	0,70
Resistencia max. a la tracción				
Kg/cm <sup>2</sup>	4.218,41	4.710,55	4.710,55	4.780,86
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(60.000)	(67.000)	(67.000)	(68.000)
Resistencia max. a la flexión				
Kg/cm <sup>2</sup>	3.515,34	4.288,41	4.153,10	4.218,41
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(50.000)	(61.000)	(59.000)	(60.600)
Alargamiento	4,4	2,5	5,0	4,6

20

25

Un tercer grupo contiene igualmente una cantidad de magnesio variable, pero muestra igualmente que un elevado porcentaje de plata no tiene efecto perjudicial sobre la resistencia a la tracción.

30

375477

15



Grupo nº 3

Ag. (% en peso)	0,60	1,1	1,6	2,1	2,6
Mg. (% en peso)	0,19	0,20	0,15	0,15	0,19
Resistencia máx. a la tracción					
Kg/cm <sup>2</sup>	4.534,84	4.472,17	4.351,61	4.351,61	4.492,60
Libras/pulg <sup>2</sup>	(64.500)	(63.600)	(61.900)	(61.900)	(63.900)
Resistencia max. a la flexión					
Kg/cm <sup>2</sup>	3.937,18	3.972,30	3.374,72	3.283,32	3.374,72
Libras/pulg <sup>2</sup>	(56.000)	(56.500)	(48.100)	(46.700)	(48.000)
Alargamiento %	5,5	4,5	10,0	8,0	8,0

Igualmente el zinc cuando se añade en cantidades incluidas entre 1,0% y 3,0% mejora mucho la resistencia como puede verse por el grupo siguiente, de resultados de prueba, dado a título de ejemplo.

Grupo nº 1

Zn. (% en peso)	nada	1,0	2,0	3,0	4,0
Resistencia max. a la tracción					
Kg/cm <sup>2</sup>	4.541,87	4.780,86	5.076,09	5.111,30	4.851,17
Libras/pulg <sup>2</sup>	(64.700)	(68.000)	(72.200)	(72.700)	(69.000)
Resistencia max. a la flexión					
Kg/cm <sup>2</sup>	3.965,30	4.063,73	4.492,60	4.513,75	4.584,00
Libras/pulg <sup>2</sup>	(56.400)	(57.800)	(63.900)	(64.200)	(65.200)
Alargamiento %	5,0	9,0	5,0	5,0	2,0

El titanio es un buen refinador de grano. La gama de 0,20% a 0,30% de titanio produce una aleación de grano fino que facilita la dispersión necesaria del cobre en toda la aleación durante el tratamiento térmico de solución,



con el resultado de que las piezas fundidas pueden hacerse más fuertes que las piezas fundidas hechas con las aleaciones de aluminio para fundición anteriores. Parece ser que no se obtiene una mayor resistencia añadiendo más titanio y que el alargamiento decae conforme la aleación va conteniendo más titanio. Esto está representado por el siguiente grupo de barras de prueba:

Grupo nº 1

	Ti. (% en peso) 0,24	0,39	0,54	0,69
10	Resistencia max. a la tracción			
	Kg/cm <sup>2</sup> 4.197,31	4.176,22	4.253,56	4.232,47
	Libras/pulg. <sup>2</sup> (59.700)	(59.400)	(60.500)	(60.200)
15	Resistencia max. a la flexión			
	Kg/cm <sup>2</sup> 3.536,43	3.515,34	3.585,64	3.754,40
	Libras/pulg. <sup>2</sup> (50.300)	(50.000)	(51.000)	(53.400)
	Alargamiento % 4,4	4,2	4,2	3,0

Los demás elementos de la aleación son impurezas. Dos de ellas, silicio y boro, son impurezas comunes del aluminio primario, y son perjudiciales para la aleación. Por consiguiente, deben mantenerse a un nivel mas bajo que en las aleaciones APM y 195. En general, el hierro y el silicio han de mantenerse por debajo de 0,15%, y preferentemente en menos de 0,1% y todavía más preferentemente, en menos de 0,05%. Esto se obtiene utilizando aluminio de alta pureza. Por ejemplo, dos grupos de barras de prueba han dado los siguientes resultados:

375477



Grupo nº 1

Grupo nº 2

Si.	0,15	nada	0,15	0,15
Fe.	0,16	nada	0,16	0,65
Resistencia max. a la tracción				
Kg/cm <sup>2</sup>	4.640,25	4.851,17	4.197,31	3.163,81
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(66.000)	(69.000)	(59.700)	(45.000)
Resistencia max. a la flexión				
Kg/cm <sup>2</sup>	3.655,95	4.014,51	3.536,43	2.488,86
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(52.000)	(57.100)	(50.300)	(35.400)
Alargamiento %	2,5	8,5	4,4	2,0

Para determinar el efecto del manganeso sobre las propiedades de resistencia de la aleación, la cantidad de manganeso ha sido alterada hasta 1% aproximadamente, y los demás componentes de la aleación se mantuvieron sustancialmente constantes según se ve en la tabla 1.

Tabla 1

	1	2	3	4
Cobre	4,11%	3,91%	4,81%	3,55%
Hierro	0,04%	0,05%	0,07%	0,04%
Magnesio	0,36%	0,29%	0,27%	0,28%
Silicio	0,002%	0,015%	0,003%	0,015%
Zinc	0,08%	0,08%	0,10%	0,08%
Manganeso	0,28%	0,48%	0,63%	0,94%
Titanio	0,21%	0,20%	0,25%	0,23%
Boro	0,023%	0,027%	0,019%	0,028%
Aluminio	resto	resto	resto	resto

Estas aleaciones han sido fundidas en forma de placas endurecidas en moldes de arena y sus propiedades a la tracción



375477

ción variaron según se representa en la tabla 2. La ducti-  
lidad de la aleación aumentó conforme se aumentaba el conte-  
nido de manganeso encima de 0,3% y empezó a reducirse cuando  
el contenido de manganeso de acercó al 1%.

Tabla 2.

	1	2	3	4
Manganeso (%)	0,28	0,48	0,63	0,94
Resistencia max. a la flexión				
Kg/cm <sup>2</sup>	4.450,42	4.186,77	4.011,00	3.546,97
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(63.300)	(59.550)	(55.750)	(50.450)
Resistencia max. a la tracción				
Kg/cm <sup>2</sup>	4.907,41	4.717,58	4.503,20	4.176,22
Libras/pulg. <sup>2</sup>	(69.800)	(67.100)	(64.050)	(59.400)
Alargamiento %	5	6,5	8,0	6,5

Los resultados de pruebas mostrados en todos los  
anteriores ejemplos han sido obtenidos en barras de prueba  
standard de 12,7 mm. de diámetro (1/2 pulgada) con una sec-  
ción de 57,15 mm. de largo (2,25 pulgadas) fundidos en mol-  
des de arena sin endurecimiento. Los resultados para cada  
grupo no pueden compararse directamente con los de los demas  
grupos debido a las diferencias en los demás elementos varia-  
bles entre grupos.

Entre otros elementos que podrían añadirse a la  
aleación, algunos han sido muy perjudiciales, algunos lige-  
ramente perjudiciales, y otros no han tenido efecto o tal  
vez han tenido ligeros efectos provechosos sobre la alea-  
ción.

El cadmio en dosis de 0,30% produjo fuerte cal-  
cinación y grietas durante el tratamiento térmico con una  
pérdida completa de la resistencia y del alargamiento.

375477 15



El sodio, el calcio y el litio en dosis de 0,02% produjeron una reducción de 10 á 20% de la resistencia a la tracción máxima y de 30 á 40% de reducción del alargamiento con fisuras en las barras de prueba de la aleación.

5 El cobalto en dosis de 0,30% produjo una reducción de 20% de la resistencia a la tracción máxima y una reducción de 30% del alargamiento haciéndose el grano más basto.

10 El estaño en cantidad de 0,005% no afectó las propiedades de la aleación, pero su asociación con 0,005% de bismuto produjo fuertes efectos de calcinación y grietas durante el tratamiento térmico.

El antimonio en dosis de 0,005% produjo una reducción de 10% de la resistencia a la tracción máxima y una reducción similar del alargamiento.

15 El cromo en dosis de 0,25% y el molibdeno en dosis de 0,25% produjeron un ligero aumento de la resistencia a la tracción máxima. Con una dosis de 0,50% de molibdeno, hubo una ligera reducción de la resistencia a la tracción y ningún cambio significativo para el cromo en esta dosis. El níquel y el cerio, cada uno en dosis de 0,30% no tuvieron efecto apreciable sobre las propiedades de la aleación.

20 El circonio en dosis de 0,25% produjo una ligera reducción de la resistencia a la tracción.

25

30

37547715



En resumen, el Primer Certificado de Adición objeto de esta solicitud, deberá recaer sobre las siguientes

REIVINDICACIONES

5 1. Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal nº 332.393 por: "Un método para hacer piezas fundidas con aleaciones de aluminio", caracterizándose dichas mejoras porque la aleación a base de aluminio empleada comprende en peso de alrededor de 3,5 a alrededor de 6,0% de cobre, hasta alrededor de 3,0% de plata, hasta 10 alrededor de 0,4% de magnesio, hasta alrededor de 1% de manganeso, menos de alrededor 0,15% silicio, hasta alrededor de 0,7% de titanio como refinador de grano, hasta 4% de zinc, hasta 0,5% de cromo, siendo el remanente esencialmente aluminio; caracterizándose además dichas mejoras por 15 producir piezas fundidas en arena, que una vez sometidas a un tratamiento térmico de solución y envejecidas presentan resistencias superiores a 3500 kg/cm<sup>2</sup>, resistencias máximas a tracción por encima de 4200 kg/cm<sup>2</sup>, alargamientos de al menos 5% y una elevada resistencia a la corrosión. 20

2. Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque el porcentaje de cobre oscila de 4,2 a 5,3%, el de plata oscila entre 0,4 a 1%, dicho titanio oscila entre 0,15 a 0,7% y dicho magnesio oscila entre alrededor de 0,2 a alrededor de 0,3%. 25

3. Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicho silicio se encuentra presente en menos de 0,05% en peso y dicho manganeso oscila entre 0,2 y 0,8% en peso. 30

375477<sup>1.5</sup> ENE



4. Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque la aleación a base de aluminio empleada presenta un porcentaje de hierro en peso menor de 0,15%.

5

5. Mejoras según la reivindicación 4, caracterizadas porque el porcentaje de cobre oscila de alrededor de 4,2 a alrededor de 6,0%, el de plata oscila entre alrededor de 0,05 a alrededor de 3%, el citado magnesio oscila entre alrededor de 0,15 a alrededor de 0,4%, dicho manganeso oscila de alrededor de 0,3 a 1%, el porcentaje de silicio es menor de alrededor de 0,05%, y el hierro menor de alrededor de 0,05%.

10

6. Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque el citado porcentaje de silicio es menor del 0,1% en peso, y el manganeso es mayor del 0,3% en peso.

15

7. Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque el método perfeccionado comprende también el calentamiento térmico de las piezas fundidas para impartirles una resistencia por encima de  $3.515 \text{ kg/cm}^2$  (50.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), una resistencia a la tracción por encima de  $4.218 \text{ kg/cm}^2$  (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), por lo menos 5% de alargamiento y una elevada resistencia a la corrosión.

20

8. Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal nº 332.393 por: "Un método para hacer piezas fundidas con aleaciones de aluminio", caracterizadas porque la aleación a base de aluminio empleada consiste esencialmente de alrededor de 3,5 a alrededor de 6,0% de cobre, de alrededor de 0,05 a alrededor de 3% de plata, de alrededor de 0,15 a alrededor de 0,4% de magnesio, utilizado como agente endurecedor, de alrededor del 0,3

25

30



375477<sup>15</sup>

5 al 1% de manganeso, menos del 0,5% aproximadamente de silicio, menos que alrededor del 0,05% de hierro, siendo el resto aluminio, sometién dose la aleación a un tratamiento con solución termica de manera que una vez envejecida y fundida presenta una prolongación de por lo menos 5%.

10 9. Mejoras según la reivindicación 8, caracterizadas porque el porcentaje de cobre oscila del 4,7 al 5,3%, el de plata oscila entre 0,4 a 1%, el de magnesio oscila entre el 0,2 al 0,3%, y el de manganeso del 0,3 al 0,8%.

15 10. Mejoras según la reivindicación 9, caracterizadas porque el método perfeccionado comprende también el tratamiento térmico de la pieza fundida para impartirle una resistencia de al menos 3.515 kg/cm<sup>2</sup> (50.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), una resistencia a la tracción de al menos 4.218 kg/cm<sup>2</sup> (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y una prolongación o alargamiento de al menos 5%.

20 11. Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal nº 332.393 por: "Un método para hacer piezas fundidas con aleaciones de aluminio", cuyas piezas una vez sometidas a una solución de tratamiento térmico y envejecimiento se producen a partir de una solución a base de aluminio que comprende como elementos esenciales de alrededor de 3,5 a alrededor de 6% en peso de cobre, de alrededor de 0,05 a alrededor de 3% en peso de plata, de alrededor de 0,15 a alrededor de 0,4% en peso de magnesio, como agente endurecedor, hasta alrededor de 1% en peso de manganeso, hasta 4% en peso de zinc, menos de 0,1% de silicio y menos de 0,15% de hierro, siendo el resto alu-



375477

minio; caracterizándose dichas mejoras por impartir a la  
pieza fundida una resistencia a la tracción por encima  
de 4.218 kg/cm<sup>2</sup> (60.000 libras/pulgada<sup>2</sup>), una resistencia  
por encima de 3.515 kg/cm<sup>2</sup> (50.000 libras/pulgada<sup>2</sup>) y al  
5 menos un alargamiento del 5%.

12. Se reivindica por último, como objeto  
sobre el que ha de recaer el Primer Certificado de Adi-  
ción que se solicita: MEJORAS INTRODUCIDAS EN EL OBJETO  
DE LA PATENTE PRINCIPAL No. 332.393 por "UN METODO PARA  
10 HACER PIEZAS FUNDIDAS CON ALEACIONES DE ALUMINIO".

Todo conforme queda descrito y reivindica-  
do en la presente memoria descriptiva, que consta de  
veintisiete páginas mecanografiadas.

15

Madrid, 15 Enero 1.970

BERNARDO UNGRIA

P.P.

20

25

30