

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 784 919**

51 Int. Cl.:

C22C 23/02 (2006.01)

C22F 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.03.2016 PCT/JP2016/060462**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.10.2017 WO17168645**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2016 E 16896864 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3434798**

54 Título: **Aleación de magnesio resistente al calor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.10.2020

73 Titular/es:
**KURIMOTO, LTD. (100.0%)
12-19, Kitahorie 1-chome, Nishi-ku
Osaka-shi, Osaka 550-8580, JP**

72 Inventor/es:
**IWAMOTO YUYA;
KANATSU YASUhide;
KOSHI AKIHIKO y
LIAO JINSUN**

74 Agente/Representante:
MILTENYI , Peter

ES 2 784 919 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aleación de magnesio resistente al calor

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una aleación de magnesio que tiene una excelente resistencia al calor.

Técnica anterior

10 Las aleaciones de magnesio obtenidas al añadir un elemento como aluminio a magnesio son ligeras, fáciles de procesar y se emplean en diversos campos. Por ejemplo, se conocen aleaciones de tipo AZ, en las que se añaden Al, Mn y Zn, o aleaciones de tipo AS, en las que se añaden Al, Mn y Si. Se sabe que al añadir Ca, Sn o RE (elemento de tierras raras: metal de misch) a estas aleaciones, se mejoran que las propiedades de alta temperatura.
15 Particularmente para aplicaciones de moldeo a presión, se utilizan los materiales de propósito general AZ91, excelente en resistencia a temperatura ambiente, y AE44, excelente en resistencia a la deformación plástica (*creep resistance*).

20 Por ejemplo, el siguiente Documento de Patente 1 describe una aleación a la que se añaden de 4,5 a 10 % en masa (de 4,1 a 9,5 en %) de Al, de 0,1 a 3 % en masa (de 0,06 a 1,9 en %) de Ca, y de 1 a 3 % en masa de RE (metal de misch) (aproximadamente de 0,18 a 0,55 en %), y que tiene una composición que satisface la expresión relacional a continuación. Sea el contenido de Al (a) % en masa, el contenido de Ca (b) % en masa y el contenido de RE (c) en masa. Dicha aleación cristaliza los compuestos de Al-Ca y Al-RE por la adición de Ca y RE y se mejora la resistencia a altas temperaturas.

25 $1,66 + 1,33 b + 0,37 c \leq a \leq 2,77 + 1,33 b + 0,74 c$

30 El siguiente documento de patente 2 describe una aleación de Mg que contiene de 4 a 10 % en masa (de 3,7 a 9,5 en %) de Al, de 1 a 3 % en masa (de 0,6 a 1,9 en %) de Ca, de 0,5 a 4 % en masa (de 0,2 a 1,6 en %) de Zn, y menos de 3 % en masa (aproximadamente 0,56 en %) de RE. La resistencia a la deformación plástica de dicha aleación de Mg se mejora mediante la adición de RE.

35 Asimismo, el siguiente documento de patente 3 describe una aleación de Mg que contiene de 6 a 12 % en masa (de 5,5 a 13 en %) de Al, de 0,05 a 4 % en masa (de 0,03 a 2,9 en %), de Ca, de 0,5 a 4 % en masa (de aproximadamente 0,09 a 0,83 en %) de RE, de 0,05 a 0,5 % en masa (de 0,02 a 0,26 en %) de Mn, y de 0,1 a 14 % en masa (de 0,02 a 3,43 en %) de Sn. Se mejora la resistencia a la deformación plástica de dicha aleación al promover la formación de compuestos de Ca y RE mediante la adición de Sn.

Documentos de la técnica relacionados**40 Documentos de patente**

Documento de patente 1: JP H09-291332A

Documento de patente 3: JP 2005-68550A

45 Sumario de la invención**Problemas a resolver por la invención**

50 Sin embargo, la aleación que tiene la composición descrita en el Documento de Patente 3 tiende a tener un alargamiento insuficiente en condiciones normales aunque la aleación sea excelente en sus propiedades de alta temperatura.

55 En el caso de las aleaciones que contienen Ca, RE y Al, cuando un intervalo preferente se especifica solo por el intervalo de cada elemento, hay casos en los que las propiedades de alta temperatura, incluyendo la resistencia a la deformación plástica, pueden presentarse de forma suficiente y los casos en los que dicho efecto es insuficiente. Esto se debe a que el intervalo no se puede ajustar simplemente aumentando o disminuyendo los valores individuales, y se considera que deben satisfacerse otras condiciones para obtener una aleación que tenga propiedades adecuadas.

60 Una aleación de magnesio a la que se añade Ca mejora las propiedades de alta temperatura, pero cuando solo se mejoran los valores de las propiedades físicas de las propiedades de alta temperatura, la aleación no es utilizable para aplicaciones prácticas y es posible que también se requiera que otras propiedades mecánicas diversas estén por encima de ciertos niveles dependiendo de las aplicaciones.

65 Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una aleación de magnesio excelente no solo en

las propiedades de alta temperatura sino también en las propiedades mecánicas en la mayor medida de lo posible incluyendo el alargamiento en buen equilibrio.

Medios para resolver los problemas

5 En la presente invención, se resuelve el problema mencionado con una aleación de magnesio tal como se define en la reivindicación 1, que contiene:

10 5,7 en % o más y 8,6 en % o menos de Al; 0,05 en % o más y 0,27 en % o menos de Mn; 0,6 en % o más y 1,5 en % o menos de Ca; y 0,02 en % o más y 0,15 en % o menos de RE; y
cualquiera entre 0,1 en % o más y 0,3 en % o menos de Zn y 0,02 en % o más y 0,18 en % o menos de Sn, donde se satisface la condición de la desigualdad de la siguiente fórmula (1) en lo que se refiere al número de átomos, y
15 el resto es magnesio e impurezas inevitables.

$$(Ca + RE)/Al > 0,137 \dots \dots \dots (1)$$

20 Se ha descubierto que, cuando se cumplía la condición de la Fórmula (1) anterior, era posible asegurar suficientemente la resistencia al calor y, cuando no se satisfizo esta condición, incluso aunque las relaciones de los componentes de los elementos individuales satisfacían las condiciones descritas anteriormente, no pudo asegurarse la resistencia al calor de manera suficiente. Se considera que esto se debe a que tanto Ca como RE se combinan con Al para formar un compuesto resistente al calor, mientras que se forma una fase de $Mg_{17}Al_{12}$ que no tiene resistencia al calor dependiendo de la relación de abundancia de Al y, por lo tanto, la resistencia al calor cambia en gran medida dependiendo de la relación de abundancia y la forma cristalizada de cada fase de compuesto, haciendo posible crear una situación que no es adecuada en condiciones de solo elementos individuales.

25 Por otro lado, el contenido de RE que debe ser alto según la Fórmula (1) anterior tiene una fuerte tendencia a reducir el alargamiento. Por lo tanto, para obtener propiedades mecánicas más preferentes en la presente invención, RE es 0,15 en % o menos. Dado que el peso atómico del grupo de elementos de tierras raras que constituye RE es enormemente grande en comparación con otros elementos, para calcular la relación de abundancia de la fase compuesta cuando se ajusta el componente de aleación, es fácil calcular la relación de abundancia aplicando el % (en %) del porcentaje atómico. Por lo tanto, la concentración de elementos adecuados de la aleación de acuerdo con la presente invención se indica en % y no en % en peso.

35 La adición de Sn y Zn también contribuye indirectamente a la resistencia al calor. Dado que Sn y Zn se disuelven en sólido en una fase parental, preferentemente en comparación con RE, al añadir Sn y Zn, es posible promover la formación de un compuesto Al-RE excelente en resistencia al calor. Por otro lado, en lo que se refiere al efecto de Sn y Zn, si ambos están contenidos, se puede formar otro compuesto, como pueda ser el compuesto Al-Zn-Ca, y existe el temor de que se pueda inhibir la mejora efectiva de la resistencia al calor. Por esta razón, lo que se necesita incluir en el contenido es Sn o Zn y el otro elemento debe ser menor que el intervalo descrito, preferentemente por debajo del límite de detección.

Efectos de la invención

45 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una aleación de magnesio que tiene excelentes propiedades mecánicas a alta temperatura y temperatura normal.

Breve descripción de los dibujos

50 Fig. 1 es un gráfico de $(Ca + RE)/Al$ y el alargamiento de deformación plástica en los ejemplos.

Modo de realización de la invención

55 A continuación, se describirá la presente invención en detalle.

La presente invención es una aleación de magnesio que contiene al menos Al, Mn, Ca y RE, que contiene Zn o Sn y es excelente en las propiedades de alta temperatura.

60 En la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, el contenido de Al debe de ser 5,7 en % o más y es preferentemente 6,2 en % o más. Cuando el contenido de Al es demasiado reducido, la resistencia, incluyendo el límite elástico, disminuye demasiado. Cuando el contenido de Al es 6,2 en % o más, el equilibrio entre el rendimiento mecánico en tensión y resistencia al calor se mejora aún más. Por otro lado, el contenido de Al debe ser 8,6 en % o menos y es preferentemente 7,5 en % o menos. Cuando el contenido de Al es demasiado grande, la resistencia al calor y el alargamiento tienden a ser demasiado bajos. Cuando el contenido de Al es 7,5 en % o menos, se puede asegurar fácilmente un alargamiento suficiente.

- En la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, el contenido de Mn debe ser de 0,05 en % o más. Esto se debe a que el Mn tiene el efecto de eliminar el Fe, que es una impureza en un metal fundido, formando un compuesto Al-Fe-Mn y eliminando el deterioro de la resistencia a la corrosión y, cuando el contenido de Mn es demasiado pequeño, la facilidad de corrosión derivada de Fe no se puede ignorar. Por otro lado, el contenido de Mn debe ser 0,27 en % o menos y es preferentemente 0,20 en % o menos. Esto se debe a que, cuando el contenido de Mn es demasiado grande, gran parte del compuesto Al-Fe-Mn descrito anteriormente, precipitan un compuesto intermetálico de Mn y Al, y una sustancia simple Mn, con lo cual la aleación se vuelve quebradiza y la tenacidad tiende a ser demasiado baja. Cuando el contenido de Mn es 0,20 en % o menos, se puede prevenir suficientemente la reducción de la resistencia, al tiempo que se asegura suficientemente un efecto de eliminación de hierro.
- En la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, el contenido de Ca debe ser de 0,6 en % o más, y es preferentemente 0,9 en % o más. En esta aleación, 0,6 en % de Ca corresponde aproximadamente al 1 % en masa, que es el límite inferior en el que aparece la retardancia de llama en una aleación de magnesio similar. Cuando el contenido de Ca es inferior a esto, la retardancia de llama es insuficiente. Cuando la aleación contiene 0,9 en % o más de Ca, se puede asegurar suficiente retardancia de llama y se puede asegurar suficiente resistencia al calor. Por otro lado, el contenido de Ca debe ser 1,5 en % o menos. Cuando se usa demasiado Ca, el alargamiento tiende a disminuir. Cuando el contenido de Ca es de 1,5 en % o menos, se mantiene fácilmente un equilibrio entre el alargamiento y la resistencia al calor, lo cual es preferente.
- En la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, el contenido de elemento de tierras raras (*Rare Earth*, RE) debe ser de 0,02 en % o más. El elemento de tierras raras no está particularmente limitado y puede ser un metal de misch. RE forma un compuesto Al-RE con Al, y se puede mejorar la resistencia al calor. Cuando RE es inferior a 0,02 en %, este efecto no se exhibe suficientemente y la resistencia al calor tiende a ser insuficiente. Por otro lado, el contenido de RE debe ser 0,15 en % o menos. Cuando la cantidad de RE es demasiado grande, un compuesto Al-RE o un compuesto Al-RE-Mn resultan toscos, y la reducción en el alargamiento no se puede ignorar. Cuando el contenido de RE es 0,25 en % o menos, la cantidad de compuesto de RE se reduce y la disminución del alargamiento se elimina fácilmente al mismo tiempo que se mantiene el efecto de mejorar la resistencia al calor suficientemente mediante la cantidad de compuesto de Al-RE y, cuando el contenido de RE es de 0,15 en % o menos, el alargamiento se asegura más fácilmente, lo cual es preferente.
- La aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención debe contener uno entre Sn y Zn además de los elementos anteriores.
- Cuando la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención contiene Zn, el contenido de Zn debe ser 0,1 en % o más y es preferentemente 0,15 en % o más. Zn contribuye a la capacidad de moldeo y ductilidad, y el efecto de Zn se presenta suficientemente cuando el contenido de Zn es 0,15 en % o más. Por otro lado, el contenido de Zn debe ser 0,3 en % o menos y es preferentemente 0,25 en % o menos. Cuando el contenido de Zn es demasiado grande, se forman cristales y no solo disminuye el alargamiento, sino que también puede producirse un desgarro en caliente. Cuando el contenido de Zn es 0,25 en % o menos, se puede asegurar suficientemente el equilibrio entre la capacidad de moldeo y el alargamiento.
- Por otro lado, cuando la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención contiene Sn, el contenido de Sn debe ser 0,02 en % o más y es preferentemente 0,04 en % o más. Sn contribuye a la mejora de la capacidad de moldeo. Cuando el contenido de Sn es 0,04 en % o más, estos efectos están suficientemente expuestos. Por otro lado, el contenido de Sn debe ser 0,18 en % o menos y es preferentemente 0,15 en % o menos. Cuando el contenido de Sn es demasiado grande, se inhibe la cristalización del compuesto Al-Ca y se forma un compuesto tosco de Mg-Ca-Sn, y la reducción en el alargamiento no se puede ignorar. Cuando el contenido de Sn es 0,15 en % o menos, el equilibrio entre la resistencia al calor y el alargamiento se pueden asegurar suficientemente.
- No es preferente incluir tanto Sn como Zn y el contenido del elemento que no ejerce el efecto debe ser inferior al intervalo mencionado anteriormente y es preferentemente inferior al límite de detección. Esto se debe a que, si alguno de estos elementos está incluido en el intervalo mencionado, aumentan también sinérgicamente los efectos adversos, como una disminución de la resistencia al calor.
- En la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, deben cumplirse las condiciones mencionadas y el contenido de Al (en %), y el contenido de Ca (en %) y el contenido de RE (en %) deben satisfacer la condición de la fórmula (1), a continuación. Tanto Ca como RE forman un compuesto con Al, eliminando así el alargamiento por deformación plástica y formando un compuesto que mejora la resistencia al calor. Sin embargo, cuando el contenido de Al es demasiado grande, cristaliza $Mg_{17}Al_{12}$ lo cual reduce la resistencia al calor. Para eliminar la cristalización de $Mg_{17}Al_{12}$ y que cristalice eficazmente un compuesto Al-Ca o un compuesto Al-RE para mejorar la resistencia al calor, debe cumplirse la condición de la fórmula (1) a continuación. Cuando el valor del alargamiento por deformación plástica fluctúa mucho antes y después del valor límite y el valor en el lado izquierdo de la fórmula excede 0,137, se elimina en gran medida el alargamiento por deformación plástica.
- (Ca + RE)/Al > 0,137..... (1)

5 La aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención puede contener impurezas inevitables además de los elementos mencionados. Dichas impurezas inevitables están contenidas de forma inevitable sin intención debido a problemas de fabricación o problemas con las materias primas. Entre los ejemplos de las mismas se incluye un elemento como Si, Fe, Ni y Cu. El contenido de impurezas inevitables debe estar en un intervalo que no inhíba las características de la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención, y el contenido por elemento es inferior a 0,1 en %. Las impurezas inevitables son lo más reducidas posible y es particularmente preferente que el contenido de impurezas inevitables sea menos del límite de detección.

10 Sin embargo, entre los otros elementos, es preferente que el contenido de los elementos del Grupo 2 que no sean Ca y Mg, es decir, Be, Sr, Ba, Ra sea lo más reducido posible. Específicamente, la cantidad total de estos elementos es inferior a 0,05 en %, y es deseable cada elemento por debajo del límite de detección. Esto se debe a que estos elementos del Grupo 2 son caros y causan un aumento del coste.

15 La aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención puede prepararse a través de un método general utilizando materias primas que contengan los elementos mencionados dentro del intervalo mencionado por lo que respecta al %. La relación atómica anterior y el % son la relación y el porcentaje en una aleación preparada o un producto fabricado por moldeo de la aleación, no la relación y el % en una materia prima.

20 La aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención tiene una alta resistencia al calor, y un producto fabricado con el uso de la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención tiene una resistencia a la deformación plástica favorable en condiciones de alta temperatura. Se trata de una aleación fácil de utilizar por lo que respecta al alargamiento y similares.

25 **Ejemplos**

Se muestra un ejemplo en el que se preparó la aleación de magnesio de acuerdo con la presente invención realmente. Se preparó una aleación de magnesio de tal manera que el contenido de los elementos distintos del Mg fue tal como se indica en la Tabla 1 a continuación en %, y se produjo un material de aleación que tenía un espesor de 50 mm por moldeo por gravedad. Las impurezas inevitables son menos de 0,01 en %, y se omiten en la tabla. Ce y La están contenidos como RE, y los valores obtenidos al extraer el contenido de estos elementos se muestran respectivamente. Los ejemplos 2, 4, 6, 8, 10 y 12 están fuera del ámbito de la invención.

30

[Tabla 1]

No. muestra	Composición [en %]										Resultados de la evaluación					(CR+RE) / AI
	Al	Mn	Ca	RE		Zn	Sn	Límite elástico al 0,2 % [MPa]	Alargamiento [%]	Alargamiento por deformación plástica [%]						
				(Ce)	(La)					0,09	VG					
Ejemplo 1	6,29 %	0,12 %	1,00 %	0,11 %	0,04 %	0,07 %	0,20 %	0 %	85,8	G	1,8	G	0,09	VG	0,177	
Ejemplo 2	6,33 %	0,12 %	1,00 %	0,20 %	0,09 %	0,11 %	0,20 %	0 %	87,4	G	2,5	G	0,15	G	0,190	
Ejemplo 3	6,23 %	0,12 %	1,22 %	0,11 %	0,04 %	0,06 %	0,20 %	0 %	89,6	G	1,6	G	0,13	VG	0,213	
Ejemplo 4	6,23 %	0,12 %	1,25 %	0,20 %	0,09 %	0,11 %	0,20 %	0 %	86,7	G	1,5	G	0,16	G	0,232	
Ejemplo 5	7,28 %	0,10 %	1,21 %	0,11 %	0,04 %	0,07 %	0,20 %	0 %	94,9	VG	1,3	G	0,16	G	0,181	
Ejemplo 6	7,45 %	0,09 %	1,19 %	0,21 %	0,09 %	0,12 %	0,20 %	0 %	85,9	G	1,4	G	0,15	G	0,188	
Ejemplo 7	6,77 %	0,13 %	0,98 %	0,11 %	0,05 %	0,06 %	0 %	0,08 %	83,9	G	2,6	G	0,11	VG	0,162	
Ejemplo 8	6,81 %	0,14 %	1,02 %	0,16 %	0,07 %	0,09 %	0 %	0,06 %	83,6	G	1,9	G	0,15	G	0,174	
Ejemplo 9	6,95 %	0,13 %	1,25 %	0,11 %	0,05 %	0,06 %	0 %	0,06 %	87,6	G	1,8	G	0,08	VG	0,195	
Ejemplo 10	6,94 %	0,14 %	1,19 %	0,17 %	0,08 %	0,09 %	0 %	0,06 %	84,6	G	1,8	G	0,11	VG	0,196	
Ejemplo 11	7,40 %	0,11 %	1,22 %	0,11 %	0,04 %	0,06 %	0 %	0,06 %	85,5	G	1,4	G	0,12	VG	0,180	
Ejemplo 12	7,44 %	0,09 %	1,46 %	0,20 %	0,09 %	0,10 %	0 %	0,06 %	87,3	G	1,0	G	0,07	VG	0,222	
Ejemplo Comparativo 1	6,61 %	0,09 %	0,83 %	0 %	0 %	0 %	0,29 %	0 %	92,1	VG	1,8	G	0,22	B	0,125	
Ejemplo Comparativo 2	8,08 %	0,09 %	1,29 %	0 %	0 %	0 %	0,26 %	0 %	96,9	VG	1,0	G	0,21	B	0,160	
Ejemplo Comparativo 3	6,55 %	0,11 %	1,71 %	0 %	0 %	0 %	0,26 %	0 %	105,7	VG	0,9	B	-	-	-	
Ejemplo Comparativo 4	5,38 %	0,10 %	1,05 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	78,3	B	1,6	G	-	-	-	
Ejemplo Comparativo 5	5,55 %	0,13 %	0,92 %	0,18 %	0,08 %	0,09 %	0 %	0,10 %	77,6	B	3,5	G	-	-	-	
Ejemplo Comparativo 6	7,32 %	0,12 %	0,96 %	0,12 %	0,05 %	0,07 %	0,20 %	0 %	90,8	VG	1,4	G	0,24	B	0,148	
Ejemplo Comparativo 7	7,47 %	0,09 %	0,95 %	0,21 %	0,10 %	0,12 %	0,20 %	0 %	89,6	G	1,8	G	0,24	B	0,155	
Ejemplo Comparativo 8	8,67 %	0,17 %	1,36 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,38 %	105,1	VG	0,9	B	-	-	-	
Ejemplo Comparativo 9	8,38 %	0,17 %	1,30 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,18 %	102,1	VG	2,0	G	0,19	B	0,155	
Ejemplo Comparativo 10	5,36 %	0,17 %	1,16 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,10 %	76,9	B	3,6	G	-	-	-	
Ejemplo Comparativo 11	8,18 %	0,10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,28 %	0 %	94,5	VG	3,6	G	(Roto)	B	0,000	
Ejemplo Comparativo 12	3,77 %	0,11 %	0 %	0,70 %	0,47 %	0,23 %	0 %	0 %	73,2	B	8,0	G	0,24	B	0,185	
Ejemplo Comparativo 13	3,94 %	0,10 %	0 %	0,36 %	0,25 %	0,11 %	0 %	0 %	69,8	B	8,3	G	0,39	B	0,091	

Para cada aleación, se realizó una prueba basada en el método de prueba de tracción especificado en JIS Z 2241 (ISO6892-1). Se produjo una muestra de ensayo sometiendo el material de aleación descrito a mecanizado y el límite elástico al 0,2 %: se midió $R_{p0,2}$ utilizando un autógrafo (AG-Xplus-100 kN fabricado por Shimadzu Corporation) como aparato de ensayo. Como resultado de la medición, aquellos que tuvieron un límite elástico al 0,2 % de 90 MPa o más fueron evaluados como "VG" (Muy bueno), aquellos que tuvieron un límite elástico al 0,2 % de 80 MPa o más y menos de 90 MPa, como "G" (Bueno) y aquellos que tuvieron un límite elástico al 0,2 % de menos de 80 MPa, como "B" (Malo). Sobre la base del método de prueba de tracción también especificado en JIS Z 2241, se midió el alargamiento A: utilizando el aparato de ensayo antes descrito. Los que tuvieron un alargamiento de 1,0 % o más fueron evaluados como "G", y aquellos que tuvieron un alargamiento de menos de 1,0 % fueron evaluados como "B".

Se realizaron pruebas en los Ejemplos y algunos Ejemplos comparativos sobre la base del método de ensayo de deformación plástica especificado en JIS Z 2271 (ISO204). Se produjo una muestra de ensayo mecanizando el material de aleación descrito y se midió el alargamiento por deformación plástica: se midió A_f (%) una vez transcurridas 100 horas utilizando un número de modelo FC-13 fabricado por TAKES GROUP LTD. como aparato de ensayo de la deformación plástica siendo la temperatura de ensayo 175 °C y la tensión aplicada, 50 MPa. Aquellos que tuvieron un alargamiento de deformación plástica de menos de 0,15 % fueron evaluados como "VG", aquellos que tuvieron un alargamiento de deformación plástica de 0,15 % o más y menos de 0,18 %, como "G" y aquellos que tuvieron un alargamiento de deformación plástica de 0,18 % o más como "B".

Entre ellos, los ejemplos comparativos 1 y 2 son ejemplos en los que la resistencia al calor fue insuficiente ya que no contenían RE. Ambos presentan problemas con el alargamiento por deformación plástica. El ejemplo comparativo 3 es un ejemplo en el que no se incluyó RE y Ca era excesivo. El ejemplo comparativo 3 es un ejemplo en el que, a pesar de ser una composición ventajosa para el alargamiento por no contener RE, el alargamiento se deteriora más allá de la ventaja por el exceso de Ca. En los ejemplos comparativos 4 y 5, el límite elástico al 0,2 % se deterioró debido a la falta de Al. En el Ejemplo comparativo 5 en el que se añadieron RE y Sn en el Ejemplo comparativo 4, el límite elástico al 0,2 % no mejoró.

Los ejemplos comparativos 6 y 7 son ejemplos en los que $((Ca + RE)/Al)$ estuvieron por debajo del valor límite 0,137. Aunque los contenidos individuales fueron valores similares a los de los Ejemplos, cuando $((Ca + RE)/Al)$ fue inferior a este valor límite, el alargamiento por deformación plástica presentó un comportamiento extremadamente deteriorado. Este comportamiento único se muestra en el gráfico de la FIG. 1. Los ejemplos comparativos 6 y 7 se muestran en dos puntos donde el alargamiento de deformación plástica es 0,24 y el valor de $(Ca + RE)/Al$ está cerca de la línea de 0,140.

El ejemplo comparativo 8 es un ejemplo en el que tuvo lugar un problema en el alargamiento. Dado que RE no estaba contenido, el alargamiento tendió a ser favorable y el exceso de Sn formó un compuesto de Mg-Ca-Sn parcialmente tosco, mientras que la relación de volumen de un compuesto de Al-Ca en red disminuyó en cierto modo y, por lo tanto, estos efectos fueron cancelaron y la contribución al alargamiento fue reducida. No obstante, el alargamiento se redujo en gran medida debido al exceso de Al. En comparación con esto, en el Ejemplo comparativo 9, dado que la cantidad de Al fue reducida, el alargamiento fue favorable. Debe señalarse que, en el Ejemplo comparativo 9, dado que no estuvo contenido RE, se produjo un problema con el alargamiento por deformación plástica.

Por otro lado, en el Ejemplo comparativo 10 en el que la cantidad de Al fue demasiado pequeña, se demostró que hubo un problema con un límite elástico al 0,2 %. Asimismo, en el Ejemplo comparativo 11 en el que no se incluyó Ca, la muestra de ensayo se rompió en la prueba de alargamiento por deformación plástica. En el Ejemplo comparativo 12, aunque se cumplió la condición de $(Ca + RE)/Al$, cuando Ca fue deficiente, también se demostró que se produjeron problemas con el alargamiento por deformación plástica. En los ejemplos comparativos 12 y 13, Al fue deficiente, y se produjo un problema con un límite elástico al 0,2 %.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de magnesio que consiste en porcentaje atómico en:

- 5 5,7 en % o más y 8,6 en % o menos de Al; 0,6 en % o más y 1,5 en % o menos de Ca; 0,05 en % o más y 0,27 en % o menos de Mn; 0,02 en % o más y 0,15 en % o menos de un elemento de tierras raras (RE); y cualquiera entre 0,1 en % o más y 0,3 en % o menos de Zn y 0,02 en % o más y 0,18 en % o menos de Sn, en donde el contenido en porcentaje atómica satisface la condición de desigualdad de la fórmula (1) a continuación, y el resto es Mg e impurezas inevitables,
- 10 en donde las impurezas inevitables incluyen los elementos, Si, Fe, Ni y Cu, en donde el contenido por elemento es menos de 0,1 en %; y en donde la aleación de magnesio contiene opcionalmente elementos seleccionados entre Be, Sr, Ba y Ra, en donde la cantidad total de estos elementos es menos de 0,05 en %;
- 15 $(Ca + RE)/Al > 0,137 \dots \dots \dots (1)$

2. La aleación de magnesio de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:

- 20 6,2 en % o más y 7,5 en % o menos de Al; 0,9 en % o más y 1,5 en % o menos de Ca, 0,05 en % o más y 0,20 en % o menos de Mn; y 0,06 en % o más y 0,15 en % o menos de RE; y uno cualquiera entre 0,15 en % o más y 0,25 en % o menos de Zn y 0,04 en % o más y 0,15 en % o menos de Sn.

FIG. 1

