

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 304**

51 Int. Cl.:

C22C 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2013 PCT/US2013/050433**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14014795**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13819452 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.09.2018 EP 2872662**

54 Título: **Aleaciones de aluminio 6XXX mejoradas, y métodos para producir las mismas**

30 Prioridad:

16.07.2012 US 201261671969 P
22.02.2013 US 201313774702
12.04.2013 US 201313861443

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2018

73 Titular/es:

ARCONIC INC. (100.0%)
201 Isabella Street
Pittsburgh, PA 15212, US

72 Inventor/es:

LIN, JEN C.;
ROVITO, ANTON J.;
DOYLE, TIMOTHY P.;
SULLIVAN, SHAWN P.;
CICCOLA, GABRIELE F. y
TAN, CHRISTOPHER J.

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 691 304 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

Aleaciones de aluminio 6XXX mejoradas, y métodos para producir las mismas

Antecedentes

5 Las aleaciones de aluminio son útiles en una variedad de aplicaciones. Sin embargo, mejorar una propiedad de una aleación de aluminio sin degradar otra propiedad es difícil de conseguir. Por ejemplo, es difícil aumentar la resistencia de una aleación sin disminuir la dureza de una aleación. Otras propiedades de interés para las aleaciones de aluminio incluyen resistencia a la corrosión y resistencia a la fatiga, por nombrar dos.

10 El documento EP 1 433 866 A2 describe productos de láminas de aluminio que comprenden típicamente 0,5 - 0,7% en peso de Si, 0,5 - 0,7% en peso de Mg, 0,1 - 0,3% en peso de Mn, no más de 0,35% en peso de Fe, no más de 0,20% en peso de Cu y el resto de aluminio.

Compendio de la descripción

15 En términos generales, la actual solicitud de patente se refiere a nuevas aleaciones de aluminio 6xxx, y métodos para producir las mismas. Generalmente, los productos de nuevas aleaciones de aluminio 6xxx alcanzan una combinación mejorada de propiedades debido a, por ejemplo, la cantidad de elementos de aleación, como se describe en más detalle a continuación. Por ejemplo, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar una combinación mejorada de dos o más de resistencia, dureza, resistencia a la fatiga y resistencia a la corrosión, entre otras, como se muestra por los ejemplos posteriores. Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden producirse en forma forjada, tal como una forma enrollada (por ejemplo, como lámina o placa), como una extrusión, o como un forjado, entre otros. En una realización, la nueva aleación de aluminio 6xxx está en forma de un producto de rueda forjada. En una
20 realización, el producto de rueda forjada 6xxx es un producto en rueda forjada en una matriz.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx comprenden magnesio (Mg), silicio (Si) y cobre (Cu) como elementos de aleación primarios y al menos un elemento secundario seleccionado del grupo que consiste en vanadio (V), manganeso (Mn), hierro (Fe), cromo (Cr), zirconio (Zr) y titanio (Ti), siendo el resto aluminio y otras impurezas, como se define a continuación.

25 Respecto al magnesio, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen 1,10% en peso a 1,40% en peso de Mg. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 1,15% en peso de Mg. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 1,20% en peso de Mg. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 1,35% en peso de Mg.

30 Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen silicio en el intervalo de 0,70% en peso a 0,95% en peso de Si. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,90% en peso de Si. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,85% en peso de Si. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,80% en peso de Si.

35 Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen magnesio y silicio en una relación de 1,40 a 1,90 (Mg/Si). En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de al menos 1,45. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de no más de 1,85. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de no más de 1,80. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de no más de 1,75. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de no más de 1,70. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de no más de 1,65. En algunas realizaciones, las nuevas
40 aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de 1,40 a 1,75. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de 1,40 a 1,70. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx tienen una relación de Mg/Si de 1,45 a 1,65. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. Usar las cantidades descritas anteriormente de Mg y Si puede facilitar, entre otras cosas, las propiedades mejoradas de resistencia y/o resistencia a la fatiga.

45 Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen cobre en el intervalo de 0,35% en peso a 0,50% en peso de Cu. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio incluyen no más de 0,45% en peso de Cu. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,425% en peso de Cu. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,40% en peso de Cu. En una realización las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx contienen 0,375-0,5% en peso de Cu. En otra realización la aleación puede contener 0,4-0,5% en peso
50 de Cu. Las cantidades descritas anteriormente de Cu pueden facilitar la resistencia mejorada y con buena resistencia a la corrosión.

55 Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen 0,05 a 1,0% en peso de elementos secundarios, en donde los elementos secundarios se seleccionan del grupo que consiste en manganeso, cromo, hierro, zirconio, titanio y combinaciones de los mismos. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen 0,10 a 0,80% en peso de elementos secundarios. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen 0,15 a 0,60% en peso de elementos secundarios. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen 0,20 a 0,45%

en peso de elementos secundarios.

Los elementos secundarios están esencialmente libres de vanadio (es decir, incluyen menos de 0,05% en peso de V), y, en estas realizaciones, los elementos secundarios se seleccionan del grupo que consiste en manganeso, cromo, hierro, zirconio, titanio y combinaciones de los mismos, y en donde al menos uno de manganeso, cromo y zirconio está presente. En una realización, al menos el cromo está presente. En una realización, al menos cromo y zirconio están presentes. En una realización, al menos cromo y manganeso están presentes. En una realización, al menos el zirconio está presente. En una realización, al menos zirconio y manganeso están presentes. En una realización, al menos el manganeso está presente.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx están esencialmente libres de vanadio, y contienen menos de 0,05% en peso de V. En estas realizaciones, puede usarse cromo, manganeso y/o zirconio como un sustituto para el vanadio. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx contienen menos de 0,05% en peso de V, pero contienen un total de 0,15 a 0,60% en peso de cromo, manganeso y/o zirconio (es decir, Cr + Mn + Zr es de 0,15% en peso a 0,60% en peso). En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx contienen menos de 0,05% en peso de V, pero contienen de 0,20 a 0,45% en peso de cromo, manganeso y/o zirconio. En algunas de estas realizaciones libres de vanadio, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,375% en peso de Cu. En otras de estas realizaciones libres de vanadio, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,40% en peso de Cu.

En realizaciones donde el cromo está presente, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx generalmente incluyen de 0,05 a 0,40% en peso de Cr. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,35% en peso de Cr. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,30% en peso de Cr. En aún otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,25% en peso de Cr. En otra realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,20% en peso de Cr. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,08% en peso de Cr. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,25% en peso de Cr. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,08 a 0,20% en peso de Cr. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx están esencialmente libres de cromo, y, en estas realizaciones, contienen menos de 0,05% en peso de Cr.

En realizaciones donde está presente el manganeso, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx generalmente incluyen de 0,05 a 0,50% en peso de Mn. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,25% en peso de Mn. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,20% en peso de Mn. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,15% en peso de Mn. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,25% en peso de Mn. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,20% en peso de Mn. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,15% en peso de Mn. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx están esencialmente libres de manganeso, y, en estas realizaciones, contiene menos del 0,05% en peso de Mn.

En realizaciones donde está presente el zirconio (con o sin vanadio), las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx generalmente incluyen de 0,05 a 0,25% en peso de Zr. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,20% en peso de Zr. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,18% en peso de Zr. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más del 0,15% en peso de Zr. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,06% en peso de Zr. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,07% en peso de Zr. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,20% en peso de Zr. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,06 a 0,18% en peso de Zr. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,07 a 0,15% en peso de Zr. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. En algunas realizaciones, las aleaciones de aluminio están esencialmente libres de zirconio, y, en estas realizaciones, contienen menos de 0,05% en peso de Zr.

El hierro está presente generalmente en la aleación, y puede estar presente en el intervalo de 0,01% en peso a 0,80% en peso de Fe. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,50% en peso de Fe. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,40% en peso de Fe. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,30% en peso de Fe. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,08% en peso de Fe. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,10% en peso de Fe. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,05 a 0,50% en peso de Fe. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,08 a 0,40% en peso de Fe. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,10 a 0,30% en peso de Fe. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,10 a 0,25% en peso de Fe. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. Pueden ser tolerables niveles mayores de hierro en productos de nuevas aleaciones de aluminio 6xxx cuando son tolerables propiedades de menor resistencia a la fatiga. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx están esencialmente libres de hierro, y, en estas realizaciones, contienen menos de 0,01% en peso de Fe.

En realizaciones donde está presente el titanio (con o sin vanadio), las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx generalmente incluyen de 0,001 a 0,10% en peso de Ti. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,05% en peso de Ti. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,04% en peso de Ti. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen no más de 0,03% en peso de Ti. En una realización, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,005% en peso de Ti. En aún otras realizaciones, las nuevas realizaciones de aluminio 6xxx incluyen al menos 0,01% en peso de Ti. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,005 a 0,05% en peso de Ti. En otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,01 a 0,04% en peso de Ti. En aún otras realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx incluyen de 0,01 a 0,03% en peso de Ti. Pueden usarse otras combinaciones de los límites descritos anteriormente. En algunas realizaciones, las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx están esencialmente libres de titanio, y, en estas realizaciones, contienen menos de 0,001% en peso de Ti.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden estar esencialmente libres de otros elementos. Como se usa en esta memoria, "otros elementos" significa cualquier otro elemento de la tabla periódica distinto de los enumerados anteriormente magnesio, silicio, cobre, vanadio, hierro, cromo, titanio, zirconio y hierro, como se describe anteriormente. En el contexto de este párrafo, la frase "esencialmente libre" significa que las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx contienen no más del 0,10% en peso de cada uno de cualquier elemento de los demás elementos, con la cantidad combinada total de estos otros elementos que no excede de 0,35% en peso en las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx. En otra realización, cada uno de estos otros elementos, de forma individual, no excede de 0,05% en peso en las aleaciones de aluminio 6xxx, y la cantidad combinada total de estos otros elementos no excede de 0,15% en peso en las aleaciones de aluminio 6xxx. En otra realización, cada uno de estos otros elementos, de forma individual, no excede de 0,03% en peso en las aleaciones de aluminio 6xxx, y la cantidad combinada total de estos otros elementos no excede de 0,10% en peso en las aleaciones de aluminio 6xxx.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar alta resistencia. En una realización, un producto forjado hecho a partir de las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx ("producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado") alcanza un límite elástico en tracción en la dirección L (longitudinal) de al menos 310 MPa (45 ksi). En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza un límite elástico en tracción en la dirección L de al menos 317 MPa (46 ksi). En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza un límite elástico en tracción en la dirección L de al menos 324 MPa (47 ksi), o al menos 331 MPa (48 ksi), o al menos 338 MPa (49 ksi), o al menos aproximadamente 345 MPa (50 ksi), o al menos aproximadamente 352 MPa (51 ksi), o al menos aproximadamente 359 MPa (52 ksi), o al menos aproximadamente 365 MPa (53 ksi), o al menos 372 MPa (54 ksi), o al menos aproximadamente 379 MPa (55 ksi), o más.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar buen alargamiento. En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza un alargamiento de al menos 6% en la dirección L. En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza un alargamiento en la dirección L de al menos 8%. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza un alargamiento en la dirección L de al menos 10%, o al menos 12%, o al menos 14%, o más. Las propiedades de resistencia y alargamiento se miden de acuerdo con la norma ASTM E8 y B557.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar buena dureza. En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una dureza de al menos 48 Nm (35 pie-libra) como se mide mediante un ensayo de impacto Charpy, en donde el ensayo de impacto Charpy se realiza según la norma ASTM E23-07a. En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una dureza de al menos 54 Nm (40 pie-libra) como se mide mediante un ensayo de impacto Charpy. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una dureza de al menos 61 Nm (45 pie-libra), o al menos 68 Nm (50 pie-libra), o al menos 75 Nm (55 pie-libra), o al menos 81 Nm (60 pie-libra), o al menos 88 Nm (65 pie-libra), o al menos 95 Nm (70 pie-libra), o al menos 102 Nm (75 pie-libra), o al menos 109 Nm (80 pie-libra), o al menos 115 Nm (85 pie-libra), o más, como se mide mediante el ensayo de impacto Charpy.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar buena resistencia a la fatiga. En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga rotativa promedio que es al menos 10% mejor que la longevidad a la fatiga rotativa promedio del mismo producto forjado (por ejemplo, la misma forma de producto, dimensiones, geometría, temple) pero fabricado a partir de la aleación convencional 6061, en donde la longevidad a la fatiga rotativa promedio es el promedio de la longevidad a la fatiga rotativa de al menos 5 muestras del producto de aleación de aluminio 6xxx forjado como se prueba de acuerdo con la norma ISO 1143 (2010) ("Metallic materials – Rotating bar bending fatigue testing"), es decir, fatiga del haz rotatorio. En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga rotativa promedio que es al menos 20% mejor que la longevidad a la fatiga rotativa promedio del mismo producto forjado fabricado a partir de la aleación convencional 6061. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga rotativa promedio que es al menos 25% mejor, o al menos 30% mejor, o al menos 40% mejor, o al menos 45% mejor, o más, que la longevidad a la fatiga rotativa promedio del mismo producto forjado fabricado a partir de aleación convencional 6061.

En una realización, el producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado es un producto de rueda forjada, y el producto de rueda de aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio de al menos

1.000.000 de ciclos como se ensaya de acuerdo con la norma SAE J267 (2007), con un factor de carga 2,8X aplicado. En otra realización, el producto de rueda de aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio de al menos 1.050.000 ciclos. En otras realizaciones, el producto de rueda de aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio de al menos 1.100.000 ciclos, o al menos 1.150.000 ciclos, o al menos 1.200.000 ciclos, o al menos 1.250.000 ciclos, o al menos 1.300.000 ciclos, o al menos 1.350.000 ciclos, o más.

En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio que es al menos 10% mejor que la longevidad a la fatiga radial promedio del mismo producto forjado (por ejemplo, la misma forma de producto, dimensiones, geometría, temple) aunque fabricado a partir de la aleación convencional 6061 como se ensaya de acuerdo con la norma SAE J267 (2007), con un factor de carga 2,8X aplicado. En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio que es al menos 20% mejor que la longevidad a la fatiga radial promedio del mismo producto forjado fabricado a partir de aleación convencional 6061. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una longevidad a la fatiga radial promedio que es al menos 25% mejor, o al menos 30% mejor, o al menos 40% mejor, o al menos 45% mejor, o más, que la longevidad a la fatiga radial promedio del mismo producto forjado fabricado a partir de aleación convencional 6061.

Las nuevas aleaciones de aluminio 6xxx pueden alcanzar buena resistencia a la corrosión. En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,20 mm (0,008 pulgadas) en la posición T/10 cuando se mide de acuerdo con la norma ASTM G110 (24 horas de exposición; mínimo de 5 muestras). En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,15 mm (0,006 pulgadas) en la posición T/10. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,10 mm (0,004 pulgadas), o no más que 0,05 mm (0,002 pulgadas), o no más que 0,03 mm (0,001 pulgadas), o menos en la posición T/10.

En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,28 mm (0,011 pulgadas) en la posición T/10 cuando se mide de acuerdo con la norma ASTM G110 (24 horas de exposición; mínimo de 5 muestras). En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,23 mm (0,009 pulgadas) en la posición T/10. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,19 mm (0,007 pulgadas), o no más de 0,13 mm (0,005 pulgadas), o no más de 0,08 mm (0,003 pulgadas), o menos en la posición T/10.

En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,20 mm (0,008 pulgadas) en la superficie cuando se mide de acuerdo con la norma ASTM G110 (24 horas de exposición; mínimo de 5 muestras). En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,18 mm (0,007 pulgadas) en la superficie. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad de ataque promedio de no más de 0,15 mm (0,006 pulgadas), o no más de 0,13 mm (0,005 pulgadas), o no más de 0,1016 mm (0,004 pulgadas), o menos en la superficie.

En una realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,25 mm (0,010 pulgadas) en la superficie cuando se mide de acuerdo con la norma ASTM G110 (24 horas de exposición; mínimo de 5 muestras). En otra realización, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,23 mm (0,009 pulgadas) en la superficie. En otras realizaciones, un producto de nueva aleación de aluminio 6xxx forjado alcanza una profundidad máxima de ataque de no más de 0,20 mm (0,008 pulgadas), o no más de 0,18 mm (0,007 pulgadas), o no más de 0,15 mm (0,006 pulgadas) o menos en la superficie.

Pueden conseguirse combinaciones de las propiedades descritas anteriormente, como se muestra por los ejemplos posteriores.

Breve descripción de los dibujos

Las FIGS. 1a-1f son gráficos que muestran los resultados del Ejemplo 1.

Las FIGS. 1g-1 a 1g-4 son micrografías del Ejemplo 1.

Descripción detallada

Ejemplo 1 – Estudio en lingotera partida

Se produjeron nueve lingotes en lingotera partida, cuyas composiciones se proporcionan en la Tabla 1, posterior (todos los valores en porcentaje en peso).

55

Tabla 1 – Composiciones de la aleación del Ejemplo 1 (no reivindicadas)

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	V	Ti
6xxx-1 (6061)	0,70	0,290	0,28	0,07	0,90	0,22	0,00	0,015
6xxx-2	0,87	0,190	0,29	0,00	1,38	0,00	0,11	0,015
6xxx-3	0,89	0,083	0,29	0,00	1,40	0,00	0,11	0,010
6xxx-4	0,88	0,080	0,44	0,00	1,40	0,00	0,11	0,010
6xxx-5	0,90	0,082	0,30	0,00	1,37	0,20	0,11	0,009
6xxx-6 (6069)	0,90	0,270	0,70	0,00	1,36	0,21	0,16	0,009
6xxx-7	0,94	0,260	0,46	0,00	1,37	0,21	0,16	0,010
6xxx-8 (No Inv.)	0,89	0,730	0,69	0,00	1,34	0,21	0,16	0,010
6xxx-9 (No Inv.)	0,91	0,760	0,45	0,00	1,36	0,21	0,15	0,009

5 Las aleaciones 6061 y 6069 son aleaciones de aluminio 6xxx convencionales. Todas las aleaciones contenían los elementos enumerados, siendo el resto aluminio y otras impurezas, donde las otras impurezas no excedieron en más de 0,05% en peso cada una, y no más de 0,15% en peso en total de las otras impurezas. Las aleaciones de la invención tienen una relación de Mg/Si de 1,46 a 1,59.

10 Las aleaciones se moldearon como lingotes de 73,03 mm (2,875 pulgadas) (ST) x 120,65 mm (4,75 pulgadas) (LT) x 431,8 mm (17 pulgadas) (L) que se descostraron a 50,8 mm (2 pulgadas) de espesor y después se homogeneizaron. Los lingotes se enrollaron entonces en caliente en placas de aproximadamente 12,7 mm (0,5 pulgadas), que correspondía a aproximadamente una reducción del 75%. Las placas posteriormente se trataron en caliente en disolución y se templaron con agua fría (38°C) ((100°F)). Las placas se envejecieron entonces a 196°C (385°F) y 177°C (350°F) durante momentos diferentes, y se generaron curvas de envejecimiento. En base a los resultados de la curva de envejecimiento, se seleccionaron dos condiciones de envejecimiento (196°C (385°F) durante 2 horas, y 177°C (350°F) durante 8 horas) para el ensayo de diversas propiedades. La condición de envejecimiento de 196°C (385°F) durante 2 horas representa generalmente aproximadamente la resistencia pico, y la condición de envejecimiento de 177°C (350°F) durante 8 horas representa generalmente una condición hipomadura. Los resultados del ensayo se ilustran en las FIGS. 1a-1f y se proveen en las Tablas 2-7, posteriores. Las propiedades de resistencia y alargamiento se midieron de acuerdo con la norma ASTM E8 y B557. Los ensayos de impacto Charpy se midieron de acuerdo con la norma ASTM E23-07a. Los ensayos de longevidad a la fatiga rotativa se realizaron de acuerdo con la norma ISO 1143 (2010) a una tensión de 103 MPa (15 ksi), con R = -1 y con Kt = 3. La resistencia a la corrosión se ensayó de acuerdo con la norma ASTM G 110 durante 24 horas.

Tabla 2 – Propiedades mecánicas de las aleaciones – Condición de resistencia pico (196°C (385°F) durante 2 horas)

Aleación	TYS (ksi)*	UTS (ksi)*	Alargamiento (%)	Impacto Charpy (pie-libra)**	Longevidad a la fatiga rotativa (Promedio)
6xxx-1 (6061)	45,1*	47,25*	14	83,5**	337.103
6xxx-2	52,4*	54,25*	10	39**	402.549
6xxx-3	53*	54,65*	9	32**	634.978
6xxx-4	54,65*	56,35*	8	32,5**	414.013
6xxx-5	52,55*	54,05*	12	43,5**	424.909
6xxx-6 (6069)	56*	58,85*	13	59**	331.770
6xxx-7	53,25*	56*	15	72**	451.075
6xxx-8	55,85*	59,3*	12,5	70**	255.579
6xxx-9	51,25*	54,85*	12	62**	287.496

*1 ksi = 6,8948 MPa **1 pie-libra = 1,355818 Nm

ES 2 691 304 T3

Tabla 3 – Propiedades mecánicas de las aleaciones – condición hipomadura (177°C (350°F) durante 8 horas)

Aleación	TYS (ksi)*	UTS (ksi)*	Alargamiento (%)	Impacto Charpy (pie-libra)**	Longevidad a la fatiga rotativa (Promedio)
6xxx-1 (6061)	45,2*	48,7*	18	84,5**	514.840
6xxx-2	47,9*	53,5*	17	49,5**	381.533
6xxx-3	48,15*	53,7*	15	37**	708.003
6xxx-4	51,6*	55,7*	14,5	35**	449.002
6xxx-5	44,7*	52,7*	17	52,5**	499.260
6xxx-6 (6069)	53,25*	58,75*	17	73**	404.120
6xxx-7	50,6*	55,5*	17	83,5**	429.141
6xxx-8	52,35*	58,7*	15	85,5**	313.281
6xxx-9	49,3*	54,9*	15,5	83**	371.073

*1 ksi = 6,8948 MPa **1 pie-libra = 1,355818 Nm

Tabla 4 – Propiedades de corrosión de aleaciones – Condición de resistencia pico (196°C (385°F) durante 2 horas)

Aleación	G110 – Profundidad de ataque – 24 horas (pulgadas)*			
	T/10 (prom.)	T10 (máx.)	Superficie (prom.)	Superficie (máx.)
6xxx-1 (6061)	0,00754*	0,00997*	0,00936*	0,01294*
6xxx-2	0,00539*	0,00808*	0,00699*	0,00952*
6xxx-3	0,00064*	0,00109*	0,00514*	0,00724*
6xxx-4	0,00534*	0,00686*	0,00817*	0,00562*
6xxx-5	0,00105*	0,00230*	0,00465*	0,00574*
6xxx-6 (6069)	0,00391*	0,00552*	0,00517*	0,00555*
6xxx-7	0,00348*	0,00438*	0,00573*	0,00657*
6xxx-8	0,00765*	0,00958*	0,00565*	0,00666*
6xxx-9	0,00758*	0,01030*	0,00756*	0,00893*

*1 pulgada = 25,4 mm

5 Tabla 5 – Propiedades de corrosión de las aleaciones – Condición hipomadura (177°C (350°F) durante 8 horas)

Aleación	G110 – Profundidad de ataque – 24 horas (pulgadas)*			
	T/10 (prom.)	T10 (máx.)	Superficie (prom.)	Superficie (máx.)
6xxx-1 (6061)	0,01044*	0,01385*	0,00822*	0,01141*
6xxx-2	0,00348*	0,00934*	0,00657*	0,00838*
6xxx-3	0,00373*	0,00573*	0,00639*	0,00736*
6xxx-4	0,00641*	0,00879*	0,00795*	0,01010*
6xxx-5	0,00274*	0,00443*	0,00607*	0,00670*
6xxx-6 (6069)	0,00449*	0,00533*	0,00681*	0,00810*
6xxx-7	0,00397*	0,00515*	0,00662*	0,00736*
6xxx-8	0,00749*	0,00824*	0,00332*	0,00570*
6xxx-9	0,00774*	0,00960*	0,00688*	0,01058*

*1 pulgada = 25,4 mm

Las FIGS. 1a-1c ilustra las propiedades tensoras de las aleaciones. Todas las aleaciones ensayadas tienen una resistencia cerca del pico mayor que la aleación convencional 6061.

5 La FIG. 1d ilustra la longevidad a la fatiga rotativa de las aleaciones. Las aleaciones que tienen Fe más alto que 0,7% en peso (es decir, aleaciones 6xxx-8 y 6xxx-9) alcanzan menos longevidad a la fatiga. Las aleaciones 6xxx-8 y 6xxx-9 también contienen más de 1,0% en peso de los elementos secundarios de vanadio (V), manganeso (Mn), hierro (Fe), cromo (Cr), zirconio (Zr) y titanio (Ti), que contribuye a su bajo rendimiento a la fatiga. Además, las aleaciones 6 y 8, que tienen aproximadamente 0,7% en peso de Cu alcanzan un peor rendimiento a la fatiga que sus aleaciones equivalentes, que ilustra la importancia de mantener el cobre por debajo de aproximadamente 0,55% en peso.

10 La FIG. 1e ilustra la energía de impacto charpy sin muesca de las aleaciones. La energía de impacto Charpy es un indicador de la resistencia a la fractura. Inesperadamente, la energía de impacto charpy aumentó con el aumento de los elementos que forman el constituyente (por ejemplo, Fe, Cr y V). Un diagrama de correlación se da en la FIG. 1f. Esta tendencia es inversa a la tendencia normal, donde la energía de impacto charpy generalmente disminuye con el aumento de la concentración de partículas constituyentes en las aleaciones de aluminio.

15 Las Tablas 4 y 5 proporcionan datos de corrosión relacionadas con el ensayo de profundidad de ataque mediante la norma ASTM G110 (ensayo de 24 horas). Todas las aleaciones muestran mejor o similar resistencia a la corrosión en comparación con la aleación convencional 6061.

20 El color y brillo de las aleaciones se ensayaron también. Las aleaciones de la invención alcanzaron un rendimiento comparable de color y brillo respecto a la aleación convencional 6061, tanto antes como después del procesado DURA-BRIGHT (véase, la patente de EE.UU. núm. 6.440.290).

También se obtuvieron micrografías de varias de las aleaciones, algunas de las cuales se ilustran en la FIG. 1g-1 a 1g-4. Tanto la cantidad de dispersoides como la uniformidad de distribución de dispersoides se mejoraron por las adiciones combinadas de V y Cr. Además, las microestructuras de las aleaciones con adiciones de V + Cr no se recrystalizan más, como se muestra en la FIG. 1g-3 y 1g-4.

25 Ejemplo 2 – Estudio en lingotera partida adicional

Se produjeron siete lingotes en lingotera partida adicionales por el procedimiento del Ejemplo 1, excepto que las aleaciones estaban todas envejecidas a 196°C (385°F) durante 2 horas. Las composiciones de las aleaciones del Ejemplo 2 se proporcionan en la Tabla 6, posterior (todos los valores en porcentaje en peso).

Tabla 6 – Composiciones de aleación del Ejemplo 2

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	V	Zr	Ti
6xxx-10*	0,72	0,15	0,34	--	1,24	0,21	--	--	0,013
6xxx-11*	0,72	0,15	0,34	--	1,24	0,19	0,07	--	0,014
6xxx-12*	0,74	0,15	0,34	--	1,26	0,22	0,11	--	0,015
6xxx-13*	0,72	0,16	0,34	0,09	1,26	0,21	0,11	--	0,012
6xxx-14*	0,73	0,15	0,34	--	1,20	--	0,11	0,11	0,024
6xxx-15*	0,70	0,15	0,34	0,14	1,17	--	0,13	--	0,018
6xxx-16*	0,72	0,16	0,35	0,14	1,20	--	0,12	0,10	0,018

*: aleación fuera de las reivindicaciones

30 Todas las aleaciones contenían los elementos enumerados, siendo el resto aluminio y otras impurezas, donde las otras impurezas no excedían de más de 0,05% en peso cada una, y no más de 0,15% en peso total de las otras impurezas. Estas aleaciones tienen una relación de Mg/Si de 1,64 a 1,75.

35 Se ensayaron las propiedades mecánicas de estas aleaciones, cuyos resultados se proporcionan en la Tabla 7, posterior. Las propiedades de resistencia y alargamiento se midieron de acuerdo con la norma ASTM E8 y B557. Los ensayos de longevidad a la fatiga rotativa se realizaron de acuerdo con las normas ISO 1143 (2010) a una tensión de 103 MPa (15 ksi), con R = -1 y con Kt = 3. Como se muestra en la Tabla 7, las aleaciones que tienen cantidades apropiadas de Si, Mg y la relación de Si/Mg apropiada alcanzaron propiedades mejoradas de resistencia a la fatiga y con alta resistencia. De hecho, las aleaciones generalmente tienen cantidades insignificantes de exceso de Si y Mg, ayudando las aleaciones a alcanzar las propiedades mejoradas; todas las aleaciones alcanzaron propiedades mejoradas sobre la aleación 6061 (6xxx-1 del Ejemplo 1) debido a, al menos en parte, la cantidad de Si, Mg y la

relación Si/Mg, e independientemente de la cantidad de Mn, Cr y V usada. Se observa, sin embargo, que las aleaciones que tienen vanadio con al menos uno de manganeso y cromo generalmente alcanzaron alta resistencia en combinación con resistencia mejorada a la fatiga.

Tabla 7 – Propiedades mecánicas de las aleaciones – 196°C (385°F) durante 2 horas

Aleación	TYS (ksi)*	UTS (ksi)*	Alargamiento (%)	Impacto Charpy (pie-libra)**	Longevidad a la fatiga rotativa (Promedio)
6xxx-10	46,1*	49,4*	16	59,0**	461900
6xxx-11	46,8*	49,9*	16	73,5**	439909
6xxx-12	48,65*	51,25*	15	80,5**	471108
6xxx-13	48,3*	52,1*	17	88,0**	456419
6xxx-14	47,3*	52,75*	16	49,0**	467624
6xxx-15	49,65*	53,05*	15	61,5**	482539
6xxx-16	47,35*	52,6*	16	65,0**	466159
*1 ksi = 6,8948 MPa **1 pie-libra = 1,355818 Nm					

5

Ejemplo 3 – Estudio en rueda

Se produjeron dos composiciones de la invención y siete composiciones comparativas como ruedas. Específicamente, se produjeron nueve lingotes que tenían las composiciones proporcionadas en la Tabla 8, posterior, por fundición directa en coquilla, después de lo cual se homogeneizaron, y después se forjaron en matriz en una rueda, después de lo cual las ruedas se trataron con calor en disolución, se templaron, y después se envejecieron artificialmente a 196°C (385°F) durante aproximadamente 2 horas.

10

Tabla 8 – Composiciones de la aleación del Ejemplo 3

Aleación	Mg	Si	Fe	Mn	Cr	Cu	V
Aleación 17*	1,10	0,77	0,20	0	0,11	0,4	0,10
Aleación 18*	1,24	0,76	0,15	0	0,18	0,35	0,11
Aleación 19 (No inv.)	1,40	0,90	0,25	0,6	0,15	0,15	0
Aleación 20 (No inv.)	1,59	0,58	0,28	0,55	0,20	0,15	0
Aleación 21 (No inv.)	0,70	0,80	0,20	0,31	0,20	0,26	0
Aleación 22 (No inv.)	0,70	0,80	0,22	0,53	0,13	0,25	0
Aleación 23 (No inv.)	0,86	0,69	0,31	0,076	0,20	0,3	0
AA6061	0,92	0,7	0,30	0,08	0,21	0,29	0
AA6082	0,75	1,04	0,21	0,54	0,14	0,04	0
*: fuera de las reivindicaciones							

15

Todas las aleaciones contenían los elementos enumerados y aproximadamente 0,02% en peso de Ti, siendo el resto aluminio y otras impurezas, donde las otras impurezas no excedían en más de 0,05% en peso cada una, y no más de 0,15% en peso el total de las otras impurezas. Las aleaciones de la invención tienen una relación de Mg/Si de 1,43 a 1,63.

Se ensayaron las propiedades mecánicas de los productos en rueda, cuyos resultados se proporcionan en la Tabla 9, posterior.

20

Las propiedades de resistencia y alargamiento se midieron de acuerdo con la norma ASTM E8 y B557. La longevidad a la fatiga radial se realizó de acuerdo con la norma SAE J267 (2007), con un factor de carga 2,8X aplicado. Como se muestra en la Tabla 9, las aleaciones de la invención alcanzaron generalmente tanto mayor resistencia como longevidad a la fatiga mejorada sobre las aleaciones convencionales y que no son de la invención.

ES 2 691 304 T3

Tabla 9 – Propiedades mecánicas de las ruedas – 196°C (385°F) durante 2 horas

Aleación	TYS (ksi)**	UTS (ksi)**	Alargamiento (%)	Longevidad a la fatiga radial (Prom.)
Aleación 17*	51,6**	53,8**	13,7	1.170.062
Aleación 18*	50,4**	53,4**	16,0	1.331.779
Aleación 19 (No inv.)	47,5**	51,8**	13,4	784.237
Aleación 20 (No inv.)	41,6**	47,6**	14,8	393.296
Aleación 21 (No inv.)	46,8**	53,9**	17,3	753.077
Aleación 22 (No inv.)	46,0**	53,2**	16,3	778.972
Aleación 23 (No inv.)	46,7**	48,5**	13,3	850.413
AA6061	47,1**	49,0**	17,0	942.683
AA6082	47,4**	49,7**	8,0	650.036

*: fuera de las reivindicaciones **: 1 ksi = 6,8948 MPa

Ejemplo 4 – Estudio en lingotera partida adicional

- 5 Se produjeron diez lingotes en lingotera partida adicionales por el procedimiento del Ejemplo 1, excepto que las aleaciones se envejecieron todas a 196°C (385°F) durante 2 horas. Las composiciones de las aleaciones del Ejemplo 4 se proporcionan en la Tabla 10, posterior (todos los valores en porcentaje en peso).

Tabla 10 – Composiciones de aleación del Ejemplo 4

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Mg/Si	Cr	V
Aleación 24*	0,77	0,14	0,36	--	1,20	1,56	0,19	0,09
Aleación 25*	0,74	0,12	0,34	--	1,20	1,62	0,11	0,08
Aleación 26*	0,77	0,15	0,39	0,02	1,17	1,52	0,14	0,06
Aleación 27 (Inv.)	0,74	0,13	0,35	0,02	1,18	1,60	0,28	-
Aleación 28*	0,73	0,17	0,37	0,12	1,17	1,60	0,02	0,09
Aleación 29*	0,75	0,15	0,37	0,36	1,21	1,61	0,02	0,07
Aleación 30 (Inv.)	0,72	0,13	0,36	0,14	1,16	1,61	0,24	-
Aleación 31*	0,75	0,18	0,37	0,11	1,19	1,59	0,11	0,06
Aleación 32 (No inv.)	1,14	0,14	0,36	0,02	1,22	1,07	0,20	0,10
Aleación 33 (No inv.) (6061)	0,67	0,3	0,26	0,08	0,86	1,28	0,23	-

*: fuera de las reivindicaciones

- 10 Todas las aleaciones contenían los elementos enumerados y aproximadamente 0,02% en peso de Ti, siendo el resto aluminio y otras impurezas, donde las otras impurezas no excedían de más de 0,05% en peso cada una, y no más de 0,15% en peso total de las otras impurezas. Las aleaciones de la invención tienen una relación de Mg/Si de 1,52 a 1,62.

- 15 Las aleaciones se moldearon como lingotes de 73,03 mm (2,875 pulgadas) (ST) x 120,65 mm (4,75 pulgadas) (LT) x 431,8 mm (17 pulgadas) (L) que se descostraron a 50,8 mm (2 pulgadas) de espesor y después se homogeneizaron. Los lingotes se mecanizaron entonces en cilindros de aproximadamente 38,1 mm (1,5 pulgadas) de diámetro (76,2 mm (3 pulgadas) de altura) y después se deformaron en discos que tenían un espesor final de aproximadamente 13,21 mm (0,52 pulgadas). Los discos se trataron con calor en disolución posteriormente y se templaron en agua fría (38°C (100°F)), y después se envejecieron a 196°C (385°F) durante 2 horas. Las propiedades de resistencia y alargamiento se midieron de acuerdo con la norma ASTM E8 y B557. Los ensayos de longevidad a la fatiga rotativa se realizaron de acuerdo con la norma ISO 1143 (2010) a una tensión de 103 MPa (15 ksi), con R = -1 y con Kt = 3. Los resultados se proporcionan en la Tabla 11, posterior.
- 20

Tabla 11 – Propiedades mecánicas de las aleaciones del Ejemplo 4

Aleación	TYS (ksi)**	UTS (ksi)**	Alargamiento (%)	Longevidad a la fatiga rotativa (Prom.)
Aleación 24*	49,8**	51,75**	11,5	433362
Aleación 25*	42,5**	47,35**	18	477147
Aleación 26*	45,95**	49,85**	16	465299
Aleación 27 (Inv.)	39,6**	46,65**	20,5	388834
Aleación 28*	48,05**	51,05**	12	430464
Aleación 29*	43,75**	47,85**	17,5	392867
Aleación 30 (Inv.)	47,75**	49,65**	13	453965
Aleación 31*	40**	46,85**	21	419481
Aleación 32 (No inv.)	54,8**	56,65**	4,5	428743
Aleación 33 (No inv.) (6061)	42,8**	44,4**	13,5	330573
*: fuera de las reivindicaciones		**: 1 ksi = 6,8948 MPa		

Como se muestra, las aleaciones de la invención alcanzan propiedades mejoradas sobre la aleación 33 que no es de la invención (tipo 6061). Las aleaciones 24-26, 28-29 y 31 que tienen vanadio alcanzaron la resistencia aproximadamente equivalente o mejorada sobre la aleación 33 que no es de la invención (tipo 6061) y con longevidad a la fatiga rotativa mejorada y buen alargamiento. Las aleaciones 27 y 30, que no contenían vanadio, pero que contenían cromo y manganeso, alcanzaron la longevidad a la fatiga rotativa mejorada sobre la aleación 33 que no es de la invención (tipo 6061) y con buen alargamiento. La aleación 32 que no es de la invención, que tiene 1,14 de Si y una relación de Mg/Si de 1,07 alcanza un pobre alargamiento.

5 Ejemplo 5 – Estudio en lingotera partida adicional

Se produjeron siete lingotes en lingotera partida adicionales, cuyas composiciones se proporcionan en la Tabla 13, posterior (todos los valores en porcentaje en peso).

10 Tabla 13 – Composiciones de aleación del Ejemplo 5

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Mg/Si	Cr	V
Aleación 34*	0,71	0,14	0,33	0	1,12	1,58	0	0,11
Aleación 35*	0,77	0,16	0,34	0	1,19	1,55	0,18	0
Aleación 36 (No inv.)	0,62	0,16	0,28	0	0,96	1,55	0,19	0
Aleación 37 (No inv.)	0,92	0,16	0,35	0	1,14	1,24	0	0,10
Aleación 38 (No inv.)	0,72	0,22	0,30	0,07	1,16	1,61	0,19	0
Aleación 39 (No inv.)	0,75	0,15	0,19	0	1,14	1,52	0	0,10
Aleación 40 (No inv.) (6061)	0,71	0,21	0,27	0,08	0,88	1,24	0,21	0
*: fuera de las reivindicaciones								

15 Todas las aleaciones contenían los elementos enumerados y aproximadamente 0,01-0,02% en peso de Ti, siendo el resto aluminio y otras impurezas, donde las otras impurezas no excedían en más de 0,05% en peso de cada una, y no más de 0,15% en peso total de las demás impurezas. Las aleaciones de la invención tienen una relación de Mg/Si de 1,55 a 1,58. Las aleaciones se procesaron igual que el Ejemplo 1, excepto que se envejecieron solo a 196°C (385°F) durante 2 horas. Las propiedades de resistencia y alargamiento se midieron de acuerdo con las normas ASTM E8 y B557. Los resultados se proporcionan en la Tabla 14, posterior.

Tabla 14 – Propiedades mecánicas de las aleaciones del Ejemplo 5

Aleación	TYS (ksi)**	UTS (ksi)**	Alargamiento (%)
Aleación 34*	50,2**	53,8**	8,5
Aleación 35 (Inv.)	48,3**	52,0**	13,5
Aleación 36 (No inv.)	46,3**	48,6**	13,5
Aleación 37 (No inv.)	51,5**	54,3**	3,0
Aleación 38 (No inv.)	44,7**	48,8**	15,5
Aleación 39 (No inv.)	45,9**	50,3**	10,5
Aleación 40 (No inv.) (6061)	46,4**	47,9**	14,0
*: fuera de las reivindicaciones			
**: 1 ksi = 6,8948 MPa			

5 Como se muestra, las aleaciones de la invención alcanzan propiedades mejoradas sobre la aleación 40 que no es de la invención (tipo 6061). Específicamente, la aleación 35 consiguió un límite elástico en tracción (TYS) mejorado sobre la aleación 40 que no es de la invención (tipo 6061) y con buen alargamiento. La aleación 36 que no es de la invención con 0,62% en peso de Si, 0,96% en peso de Mg, 0,28% en peso de Cu, y sin vanadio alcanzó aproximadamente el mismo límite elástico en tracción y alargamiento que la aleación que no es de la invención la aleación 40 que no es de la invención (tipo 6061). La aleación 37 que no es de la invención con 0,92% en peso de Si y una relación de Mg/Si de 1,24 alcanzó bajo alargamiento. La aleación 38 que no es de la invención con 0,30% en peso de Cu y una relación de Mg/Si de 1,61, pero sin vanadio alcanzó un límite elástico menor que la aleación que no es de la invención la aleación 40 que no es de la invención (tipo 6061). La aleación 39 que no es de la invención con 0,19% en peso de Cu alcanzó un límite elástico menor que la aleación que no es de la invención la aleación 40 que no es de la invención (tipo 6061).

15 Los resultados anteriores indican que las aleaciones sin al menos 0,05% en peso de vanadio pueden alcanzar propiedades mejoradas empleando al menos 0,35% en peso de Cu, y con la cantidad apropiada de Si, Mg y usando Cr, Mn y/o Zr como un sustituto del V.

REIVINDICACIONES

1. Un producto de aleación de aluminio 6xxx forjado que consiste en:
 - (a) 1,10 – 1,40% en peso de Mg;
 - (b) 0,70 – 0,95% en peso de Si;
- 5 En donde (% en peso de Mg) / (% en peso de Si) es de 1,40 a 1,90;
 - (c) 0,35 - 0,50% en peso de Cu;
 - (d) menos de 0,05% en peso de V;
 - (e) de 0,05 a 1,0% en peso de al menos un elemento secundario, en donde el elemento secundario se selecciona del grupo que consiste en Fe, Cr, Mn, Zr, Ti y combinaciones de los mismos;
- 10 En donde al menos uno de Cr, Mn y Zr está presente, y en donde la cantidad combinada de Cr, Mn y Zr en la aleación de aluminio 6xxx es de 0,15 a 0,80% en peso;

En donde la aleación de aluminio 6xxx incluye no más de 0,50% en peso de Mn como un elemento secundario;

En donde la aleación de aluminio 6xxx incluye no más de 0,40% en peso de Cr como un elemento secundario;

En donde, cuando está presente, la aleación de aluminio 6xxx incluye no más de 0,25% en peso de Zr como elemento secundario;
- 15 En donde, cuando está presente, la aleación de aluminio 6xxx incluye no más de 0,80% en peso de Fe como un elemento secundario;

En donde, cuando está presente, la aleación de aluminio 6xxx incluye no más de 0,10% en peso de Ti como un elemento secundario;
- 20 (f) siendo el resto aluminio e impurezas.
2. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 1, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye tanto cromo como manganeso, y en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye un total de cromo más manganeso de 0,15% en peso a 0,60% en peso.
- 25 3. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 2, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye de 0,01 a 0,05% en peso de Ti.
4. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 3, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 0,70 – 0,90% en peso de Si.
5. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 3, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 0,70 – 0,80% en peso de Si.
- 30 6. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 4, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 1,10 – 1,35% en peso de Mg.
7. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 5, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 1,10 – 1,30% en peso de Mg.
- 35 8. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 6, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 0,375 – 0,50% en peso de Cu.
9. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 7, en donde el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado incluye 0,40 – 0,50% en peso de Cu.
10. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 8, en donde (% en peso de Mg) / (% en peso de Si) no es mayor que 1,85.
- 40 11. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 9, en donde (% en peso de Mg) / (% en peso de Si) no es mayor que 1,75.
12. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 9, en donde (% en peso de Mg) / (% en peso de Si) no es mayor que 1,70.
- 45 13. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 12, en donde (% en peso de Mg) / (% en peso de Si) es al menos 1,45.

14. El producto de aleación de aluminio 6xxx forjado según la reivindicación 13, en donde la cantidad combinada de Cr, Mn y Zr en el producto de aleación de aluminio 6xxx forjado es de 0,20 a 0,45% en peso.

FIG. 1a - Aleaciones del Ejemplo 1 - Límite elástico en tracción (ksi)

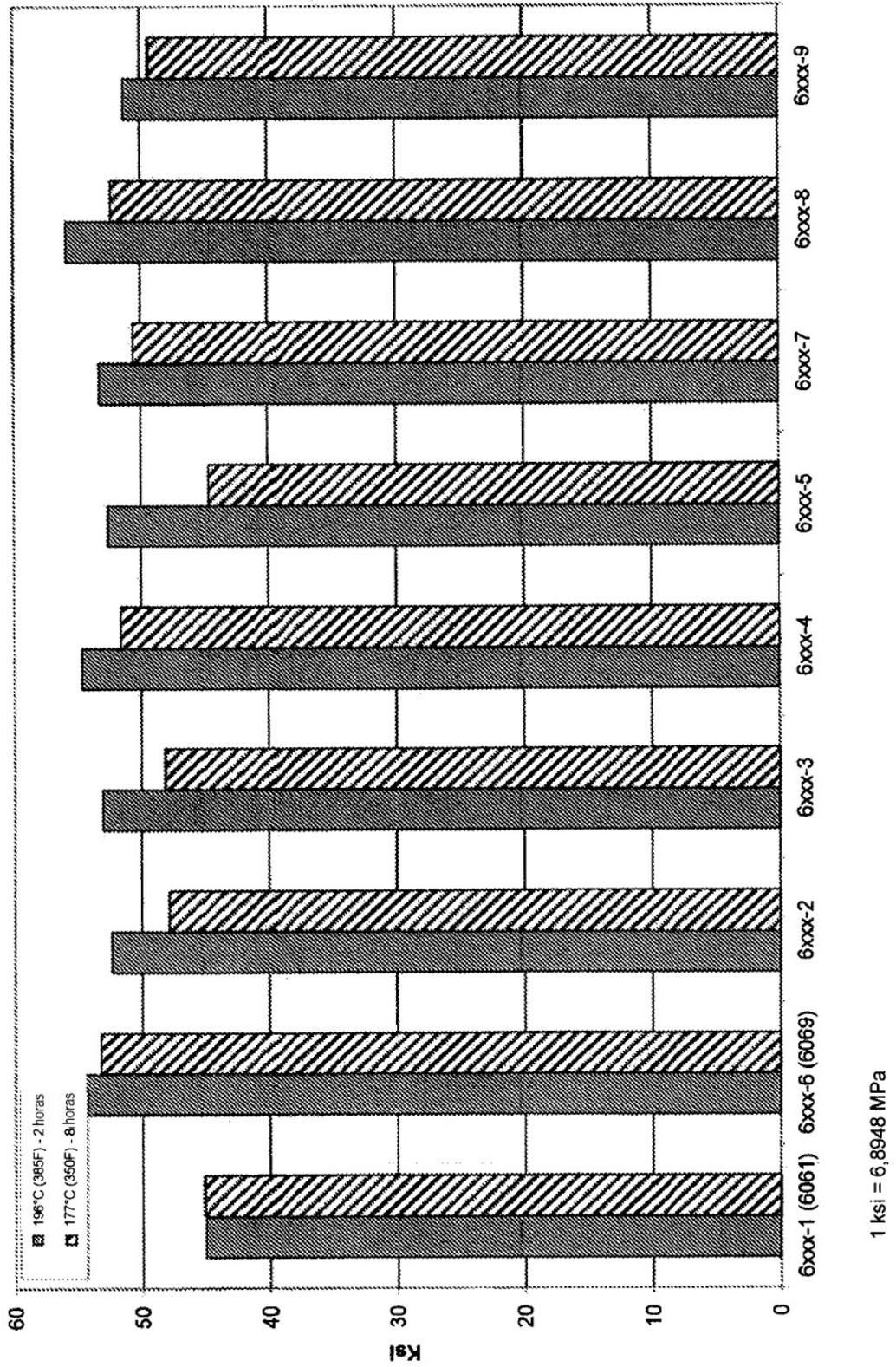
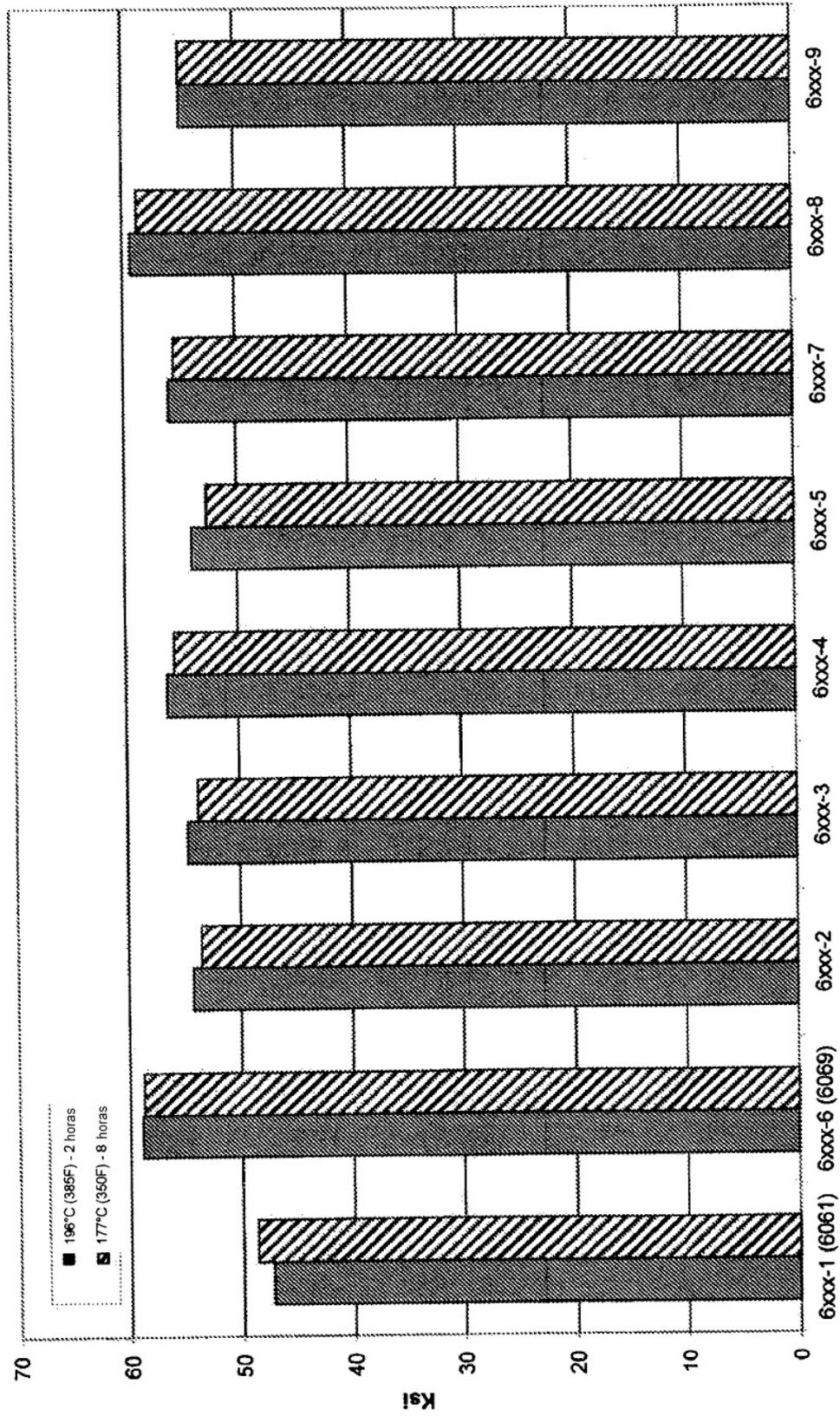


FIG. 1b - Aleaciones del Ejemplo 1 - Resistencia última a la tensión (ksi)



1 ksi = 6,8948 MPa

FIG. 1c - Aleaciones del Ejemplo 1 - Alargamiento (%)

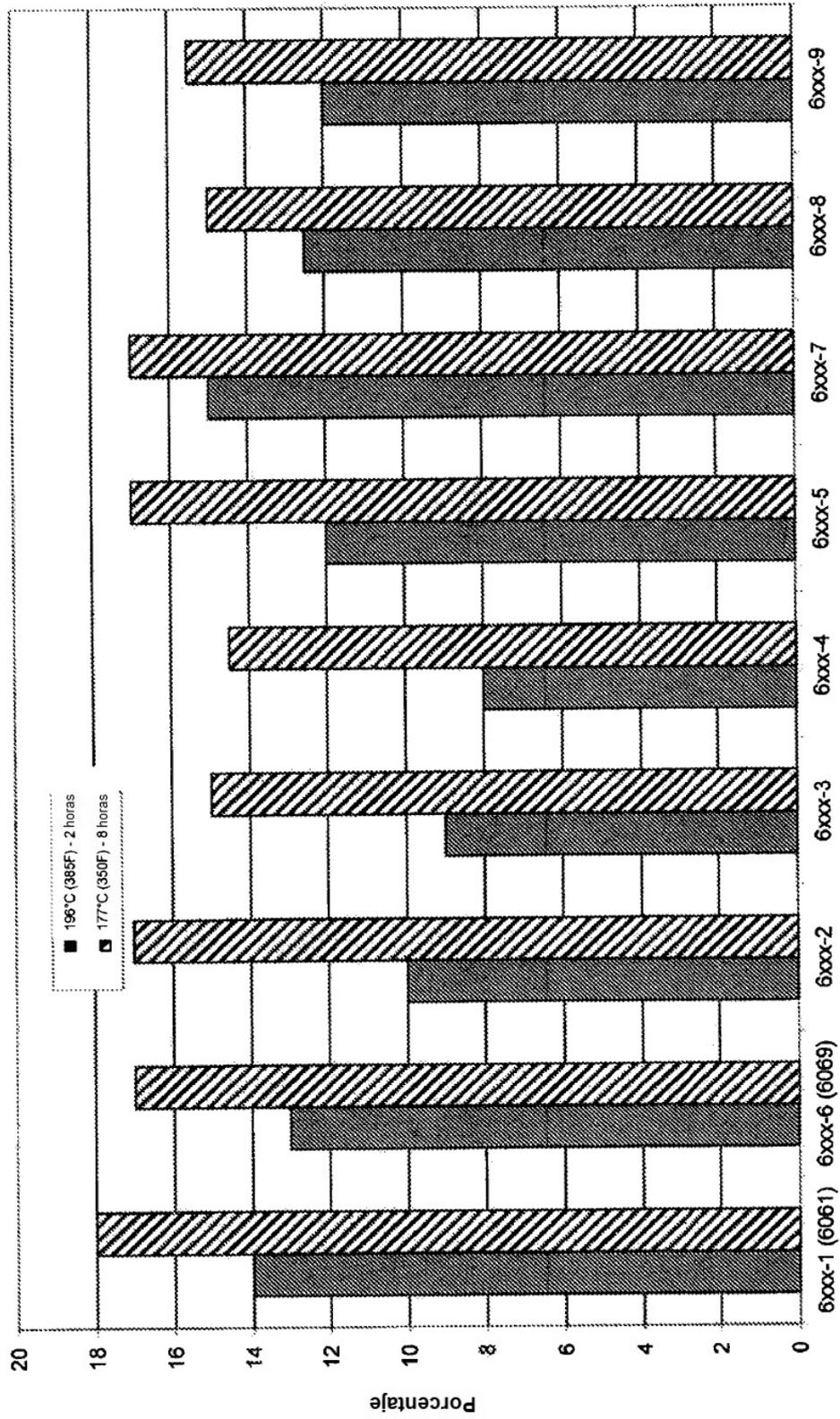


FIG. 1d - Aleaciones del Ejemplo 1 - Longevidad a la fatiga rotativa con muesca (15 ksi, R = -1) (15 ksi = 103,423 MPa)

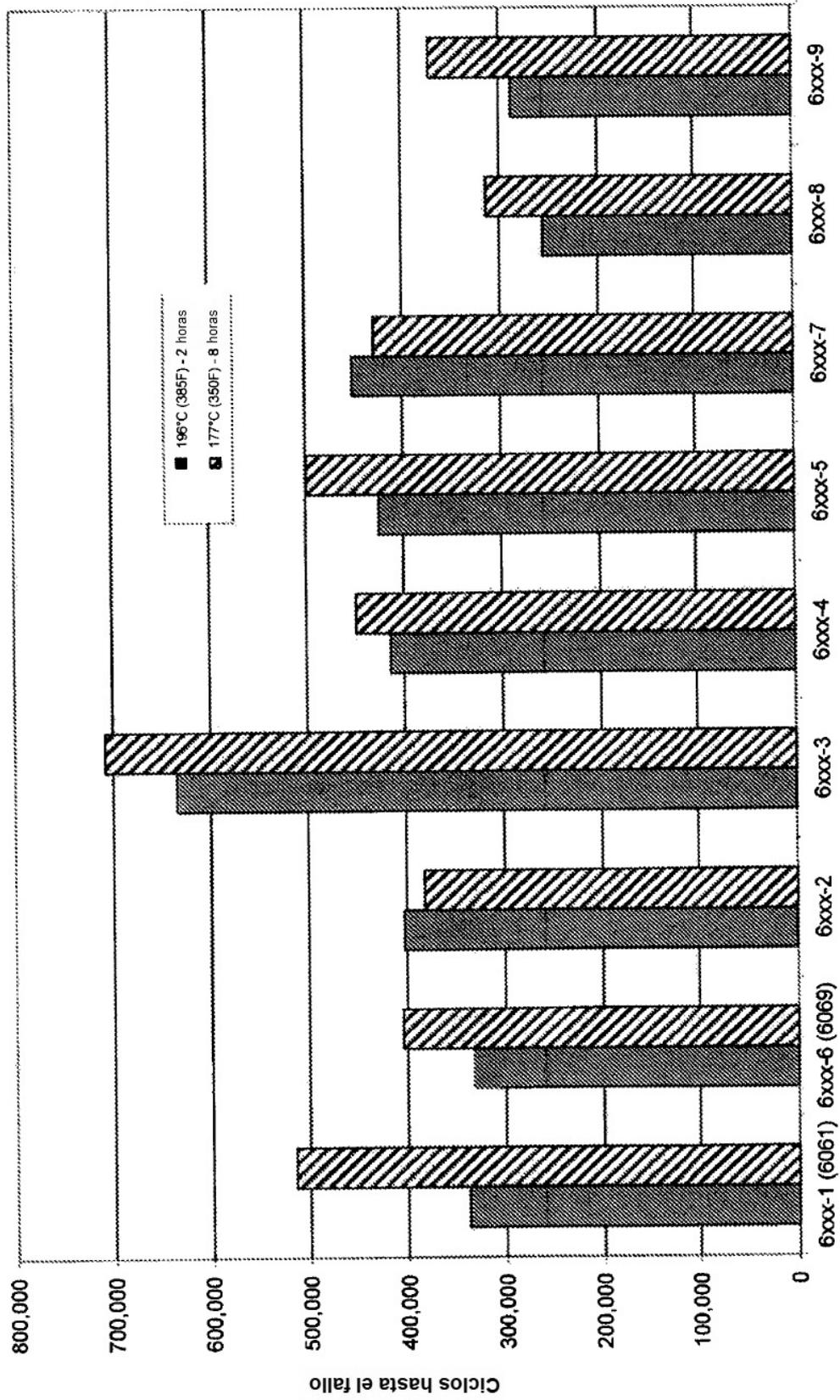
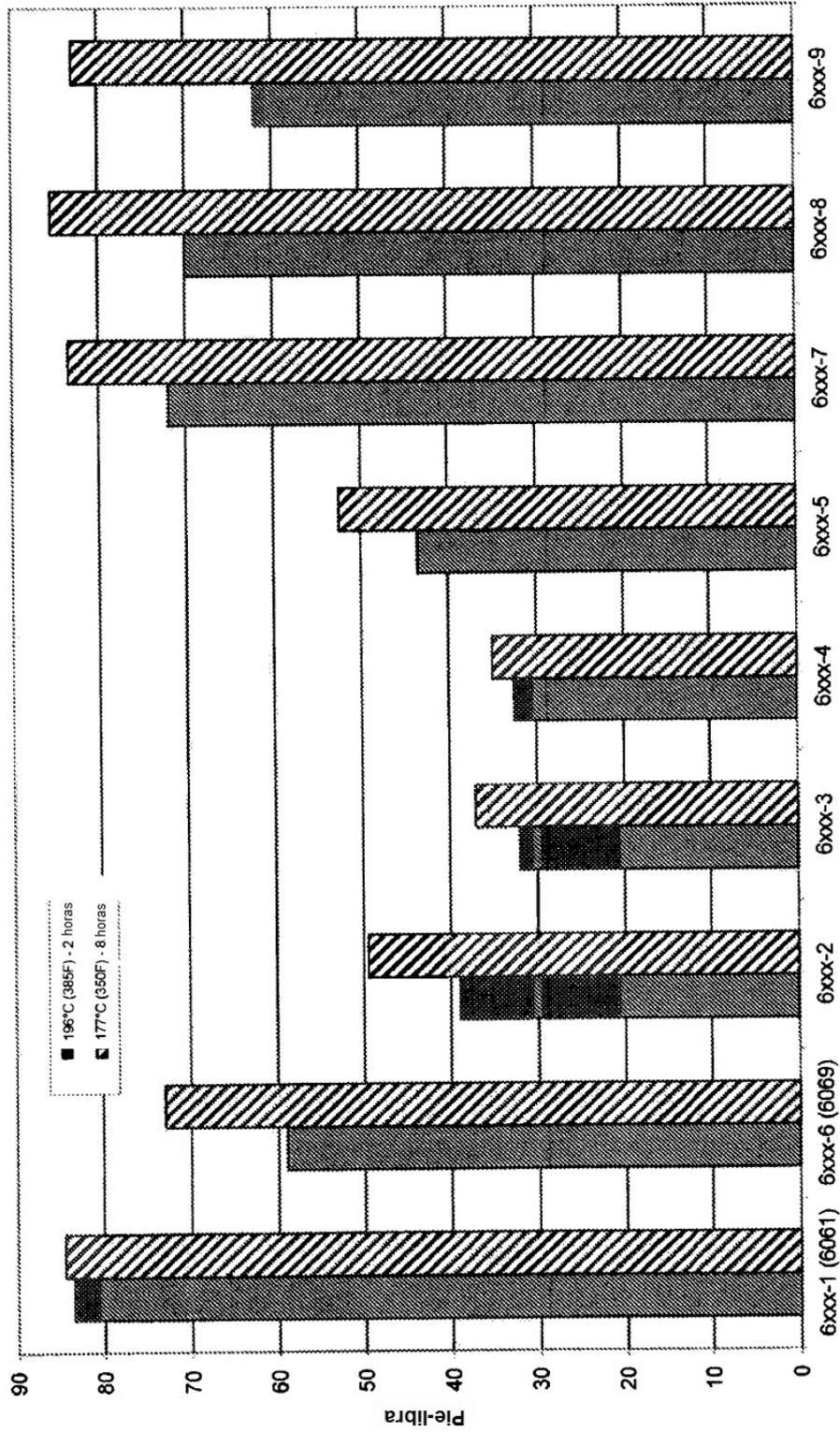
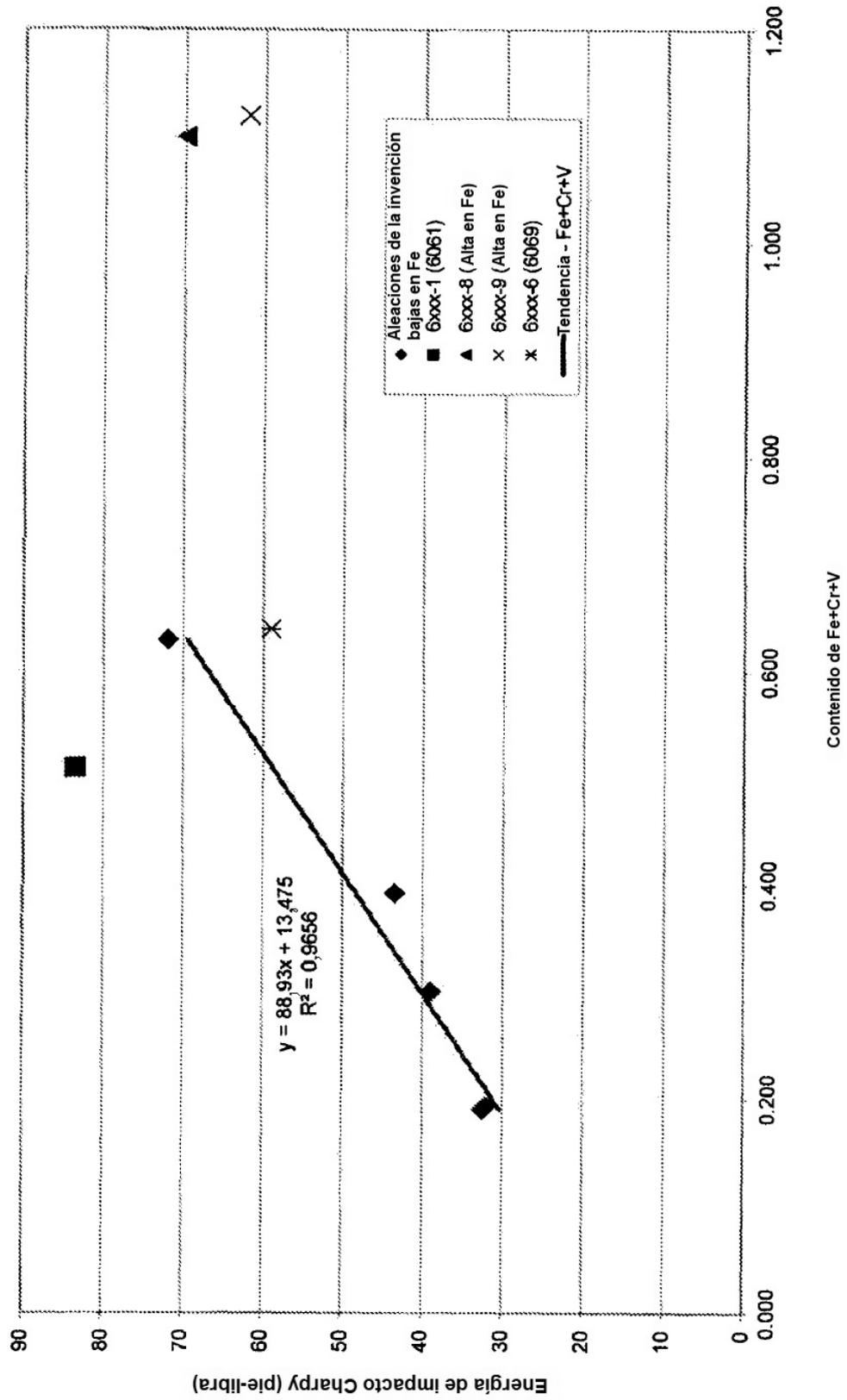


FIG. 1e - Aleaciones del Ejemplo 1 - Energía de impacto Charpy sin muesca (pie-libra)

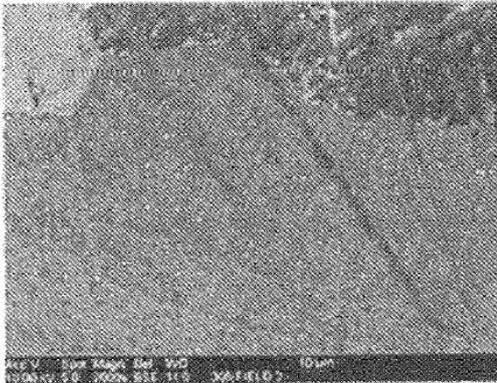


1 pie-libra = 1,355818 Nm

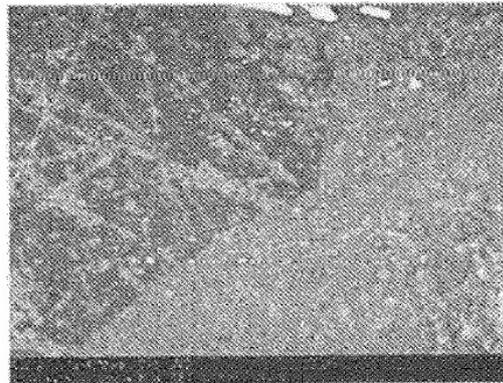
FIG. 1f - Energía de impacto Charpy frente al contenido de constituyente



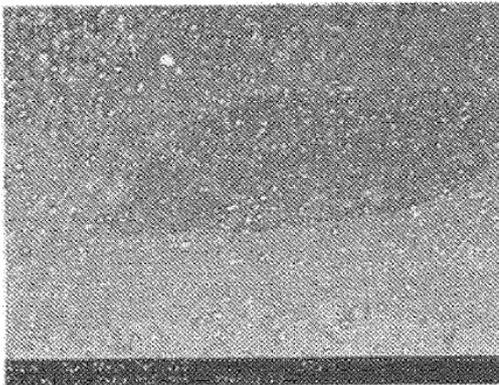
1 pie-libra = 1,355818 Nm



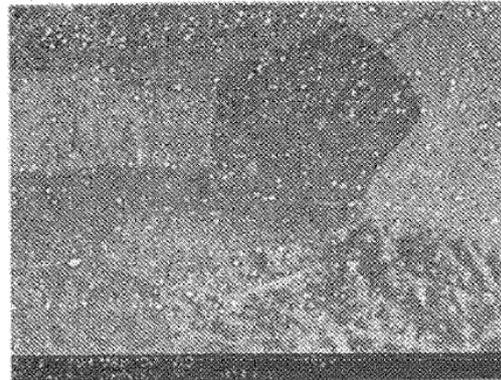
6061
(0,3Fe, 0,21Cr
,08Mn)
FIG.1g-1



6XXX-3
(0,08Fe, 0,12V)
FIG.1g-2



6XXX-5
(0,08Fe, 0,2Cr
0,12V)
FIG.1g-3



6XXX-7
(0,25Fe, 0,2Cr
0,15V)
FIG.1g-4