(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 526 786**

(51) Int. CI.:

C22C 21/00 (2006.01)
C22C 1/03 (2006.01)
C22C 1/05 (2006.01)
C22C 23/00 (2006.01)
C22B 26/22 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2011 E 11811506 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2479304**

(54) Título: **Procedimiento de preparación de una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono**

(30) Prioridad:

10.06.2011 CN 201110155838

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.01.2015

(73) Titular/es:

SHENZHEN SUNXING LIGHT ALLOYS MATERIALS CO., LTD (100.0%)
Building A, Sunxing Plant Hi-tech Industrial District, Gongming Town, Baoan Shenzhen Guangdong 518081, CN

(72) Inventor/es:

CHEN, XUEMIN;
YE, QINGDONG;
YU, YUEMING y
LI, JIANGUO

(74) Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

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

Procedimiento de preparación de una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para preparar una aleación intermedia que sirve como afinamiento del grano para mejorar las propiedades de metales y aleaciones, y, en particular, a un procedimiento para la preparación de una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono para afinar los granos de magnesio y de las aleaciones de magnesio.

Antecedentes de la invención

[0002] El uso del magnesio y de las aleaciones de magnesio a nivel industrial comenzó en la década de 1930. Dado que el magnesio y las aleaciones de magnesio son los materiales metálicos estructurales más ligeros en la actualidad, y presentan las ventajas de baja densidad, alta resistencia y rigidez, buena nivel de absorción y amortiguación de choques, conductividad térmica y capacidad de blindaje electromagnético, excelente capacidad de mecanización, tamaño estable de las piezas, fácil recuperación, y similares, el magnesio y las aleaciones de magnesio, en especial las aleaciones de magnesio forjado, poseen un potencial de utilización extremadamente grande en los campos del transporte, la ingeniería de materiales estructurales y la electrónica. La aleación de magnesio forjado se refiere a la aleación de magnesio formada por procedimientos de moldeo plástico, tales como extrusión, laminado, forjado y similares. Sin embargo, debido a las limitaciones en, por ejemplo, la preparación de los materiales, las técnicas de procesamiento, el rendimiento y los costes anticorrosión, el uso de las aleaciones de magnesio, en especial de la aleación de magnesio forjado, está muy lejos de las aleaciones de acero y aluminio en términos de cantidad de utilización, lo que se traduce en una tremenda diferencia entre el potencial de desarrollo y la aplicación práctica de los mismos, algo que nunca ocurre con ningún otro material metálico.

[0003] La diferencia entre el magnesio y los demás metales usados habitualmente, tales como el hierro, el cobre y el aluminio, radica en que su aleación exhibe una estructura cristalina hexagonal empaquetada cerrada, tiene solo 3 sistemas de deslizamiento independientes a temperatura ambiente, posee una mala capacidad de forjado plástico y, en términos de sus propiedades mecánicas, se ve afectado de manera significativa por los tamaños de grano. Las aleaciones de magnesio tienen una gama relativamente amplia de temperaturas de cristalización, una conductividad térmica relativamente baja, una contracción de volumen relativamente grande, una notable tendencia al engrosamiento durante el crecimiento del grano, y defectos por generación de porosidad de contracción, agrietamiento térmico y similares durante el endurecimiento. Dado que un tamaño de grano más fino facilita la reducción de la porosidad de contracción, disminuyendo el tamaño de la segunda fase y reduciendo los defectos durante la forja, el afinamiento de los granos de aleación de magnesio puede acortar la distancia de difusión requerida por la solución sólida de fases de contorno de grano corto, y mejorar a su vez la eficacia del tratamiento térmico. Además, el tamaño de grano más fino contribuye a mejorar el rendimiento anticorrosión y la capacidad de mecanización de las aleaciones de magnesio. La aplicación de afinamiento de grano en el afinamiento de las masas fundidas de aleación de magnesio es un medio importante para la mejora de las prestaciones globales y de las propiedades de formación de las aleaciones de magnesio. El afinamiento del tamaño de grano no solo permite mejorar la resistencia de las aleaciones de magnesio, sino también la plasticidad y la tenacidad de las mismas, permitiendo así el procesamiento plástico a gran escala y la industrialización de bajo coste de los materiales de aleación de magnesio.

[0004] Se descubrió en 1937 que el elemento que tiene un efecto significativo para el afinamiento del tamaño de grano del magnesio puro es el Zr. Los estudios han demostrado que el Zr es capaz de inhibir eficazmente el crecimiento de los granos de las aleaciones de magnesio, así como afinar el tamaño de grano. El Zr se puede utilizar en aleaciones de Mg puro, con base de Mg-Zn y aleaciones de Mg-RE, pero no se puede utilizar en aleaciones con base de Mg-Al ni en aleaciones con base de Mg-Mn, ya que tiene una solubilidad en magnesio líquido muy pequeña, es decir, solamente el 0,6 % en peso de Zr se disuelve en magnesio líquido durante la reacción peritéctica, y precipitará mediante la formación de compuestos estables con Al y Mn. Las aleaciones con base de Mg-Al son las aleaciones de magnesio más populares disponibles comercialmente, pero adolecen de las desventajas de unos granos de fundición relativamente gruesos, e incluso cristales columnares grueso y cristales en forma de abanico, lo que se traduce en dificultades en el procesamiento por forjado de lingotes, tendencia a la fisuración, baja tasa de producto acabado, propiedades mecánicas deficientes y muy baja tasa de forjado plástico, lo que afecta negativamente a la producción industrial de las mismos. Por lo tanto, en primer lugar es preciso abordar el problema existente en el afinamiento de los granos de aleación de magnesio fundido con el fin de lograr una producción a gran

escala. Los procedimientos para afinar los granos de aleaciones a base de Mg-Al comprenden principalmente el procedimiento de sobrecalentamiento, el procedimiento de adición de elementos de tierras raras y el procedimiento de inoculación de carbono. El procedimiento de sobrecalentamiento es eficaz en cierta medida; sin embargo, la masa fundida se oxida gravemente. El procedimiento de adición de elementos de tierras raras tiene un efecto ni estable ni ideal. El procedimiento de inoculación de carbono tiene las ventajas de contar con una amplia fuente de materias primas y la baja temperatura de funcionamiento, y se ha convertido en el principal procedimiento de afinamiento del grano para las aleaciones basadas en Mg-Al. Los procedimientos de inoculación de carbono convencionales añaden $MgCO_3$, C_2Cl_6, o similares a una masa fundida para formar una gran cantidad de puntos de masa de Al_4C_3 dispersos en ella, que constituyen buenos núcleos de cristales heterogéneos para afinar el tamaño de grano de las aleaciones de magnesio. Sin embargo, tales afinadores rara vez se adoptan, debido a que su adición a menudo provoca que la masa fundida hierva. En resumen, no se ha encontrado una aleación intermedia de grano de propósito general en la industria de las aleaciones de magnesio, y la gama de aplicación de los diversos procedimientos de afinamiento del grano depende de las aleaciones o de los componentes de las mismas. Por consiguiente, una de las claves para lograr la industrialización de las aleaciones de magnesio es encontrar una aleación intermedia de propósito general capaz de afinar los granos fundidos de forma eficaz al solidificar magnesio y aleaciones de magnesio, así como un procedimiento para preparar tal aleación intermedia afinadora de grano a bajo coste y a gran escala.

Características de la invención

[0005] Con el fin de abordar los problemas anteriores existentes en la actualidad, la presente invención da a conocer un procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C), mediante el cual se puede producir de forma continua, a bajo coste y gran escala, una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C) de alta calidad para afinar los granos de magnesio y de las aleaciones de magnesio.

[0006] La presente invención adopta la siguiente solución técnica: Un procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C), caracterizado porque la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C) tiene una composición química de entre el 0,01 % y el 10 % de Zr, entre el 0,01 % y el 10 % de Ti, entre el 0,01 % y 0,3 % de C, y el resto Al, basado en porcentaje en peso; el procedimiento de producción comprende las etapas de:

a. preparar aluminio puro comercial, circonio metálico, titanio metálico y material de grafito de acuerdo con los porcentajes en peso de la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono; el grafito es polvo de grafito que tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,074 mm y 1 mm; y el polvo de grafito se somete a los siguientes tratamientos: se añade a la solución acuosa de KF, NaF, K_2ZrF_6, K_2TiF_6 o la combinación de los mismos, se deja en remojo durante entre 12 y 72 horas, se filtra o se centrifuga, y seguidamente se seca a entre 80 °C y 200 °C durante entre 12 y 24 horas;

b. fundir el aluminio puro comercial y mantenerlo a entre 700 °C y 900 °C para proporcionar aluminio líquido, al cual se añaden el circonio, el titanio y el polvo de grafito tratado preparados y se funden para dar lugar a una solución de aleación; y

c. mantener la solución de aleación a entre 700 °C y 900 °C con agitación mecánica o electromagnética y realizar el moldeo por colada.

[0007] Preferentemente, la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C) tiene una composición química de entre el 0,01 % y el 10 % de Zr, entre el 0,01 % y el 10 % de Ti, entre el 0,01 % y 0,3 % de C, y el resto Al. Una composición química más preferente es: entre el 0,1 % y el 5 % de Zr, entre el 1 % y el 5 % de Ti, entre el 0,1 % y 0,3 % de C, y el resto Al.

[0008] Preferentemente, el contenido de impurezas presentes en la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-Zr-Ti-C) es: Fe no más del 0,5 %, Si no más del 0,3 %, Cu no más del 0,2 %, Cr no más del 0,2 %, y otros elementos de impureza individual no más del 0,2 %, basado en porcentaje en peso.

[0009] Preferentemente, el circonio metálico (Zr) de la etapa a es chatarra de circonio o polvo de circonio que tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,1 mm y 1 mm, y el titanio metálico (Ti) es esponja de titanio o chatarra de titanio.

[0010] Preferentemente, el polvo de grafito tiene un tamaño medio de partícula mayor que o igual a 0,335 mm y menor que o igual a 1 mm. Alternativamente, el polvo de grafito tiene preferentemente un tamaño medio de partícula mayor que o igual a 0,154 mm y menor que 0,335 mm.

[0011] Preferentemente, la solución acuosa de KF, NaF, K_2ZrF_6, K_2TiF_6 o la combinación de los mismos tiene una concentración comprendida entre 0,1 g/L y 5 g/L.

[0012] Preferentemente, cuando el polvo de grafito se pone en remojo, la solución acuosa tiene una temperatura comprendida entre 50 °C y 100 °C.

[0013] Preferentemente, el que el circonio, el titanio y el polvo de grafito tratado se añaden en la etapa b en el orden de: en primer lugar el circonio y el titanio, y en segundo lugar el polvo de grafito tratado una vez que el circonio y el titanio se hayan fundido por completo; o en primer lugar el polvo de grafito tratado, y en segundo lugar el circonio y el titanio una vez que el polvo de grafito tratado se haya fundido por completo.

[0014] Preferentemente, durante el moldeo por colada en el paso c tiene lugar una colada y una laminación para formar un material de alambre que tiene un diámetro comprendido entre 9 y 10 mm.

[0015] La presente invención logra los siguientes efectos técnicos: el grafito se puede fundir completamente en aluminio líquido con una temperatura relativamente baja (900 °C o inferior) seleccionando un polvo de grafito con un tamaño de partícula apropiado y poniéndolo a remojo en las soluciones adecuadas, procedimiento que no solo aborda el problema relacionado con la tendencia del aluminio líquido a oxidarse a una temperatura elevada de 1000 °C o superior, sino también el problema relacionado con la fusión y la incorporación de grafito, dando lugar a una aleación intermedia te aluminio-circonio-titanio-carbono (Al-ZrTi-C) de alta calidad. El presente procedimiento tiene las ventajas de admitir una gran variedad de fuentes de materias primas, de ser un procedimiento sencillo, de bajo coste de producción y de una producción a gran escala.

Descripción detallada

[0016] La presente invención se puede entender más claramente en combinación con los ejemplos particulares expuestos a continuación, los cuales, sin embargo, no pretenden limitan el alcance de la presente invención.

Ejemplo 1

[0017] Se pesó aluminio puro comercial, chatarra de circonio, chatarra de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 94,85 % de Al, 3 % de Zr, 2 % de Ti y 0,15 % de C. El polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,27 mm y 0,83 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa de 2 g/L de KF a 65±3 °C durante 24 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 120±5 °C durante 20 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujeron lingotes de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 770±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente la chatarra de circonio, la esponja de titanio y el polvo de grafito remojado y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y mecánicamente para su homogeneización y luego se fundió directamente para proporcionar la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono.

Ejemplo 2

[0018] Se pesó aluminio puro comercial, chatarra de circonio, chatarra de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 94,5 % de Al, 4,2 % de Zr, 1,1 % de Ti y 0,2 % de C. El polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,27 mm y 0,55 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa de 0,5 g/L de K_2TiF_6 a 90±3 °C durante 36 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 100±5 °C durante 24 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujo el lingote de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 870±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente la chatarra de circonio, la chatarra de titanio y el polvo de grafito remojado y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y mecánicamente para su homogeneización y luego se procesó por colada y laminación en alambres en espiral de aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono con un diámetro de 9,5 mm.

Ejemplo 3

[0019] Se pesó aluminio puro comercial, chatarra de circonio, chatarra de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 94,2 % de Al, 1 % de Zr, 4,7 % de Ti y 0,1 % de C. El polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,15 mm y 0,25 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa de 0,3 g/L de K_2ZrF_6 a 70±3 °C durante 48 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 170±5 °C durante 12 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujeron lingotes de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 730±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente el polvo de grafito remojado, la chatarra de titanio y la chatarra de circonio y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y electromecánicamente para su homogeneización y luego se procesó por colada y laminación en alambres en espiral de aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono con un diámetro de 9,5 mm.

Ejemplo 4

[0020] Se pesó aluminio puro comercial, chatarra de circonio, chatarra de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 93,9 % de Al, 2,5 % de Zr, 3,3 % de Ti y 0,3 % de C. El polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,08 mm y 0,12 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa de 4,5 g/L de NaF a 55±3 °C durante 72 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 140±5 °C durante 22 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujeron lingotes de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 830±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente el polvo de grafito remojado, la chatarra de circonio y la chatarra de titanio y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y mecánicamente para su homogeneización y luego se procesó por colada y laminación en alambres en espiral de aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono con un diámetro de 9,5 mm.

Ejemplo 5

[0021] Se pesó aluminio puro comercial, chatarra de circonio, esponja de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 83,78 % de Al, 9,7 % de Zr, 6,2 % de Ti y 0,3 % de C. El polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,27 mm y 0,83 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa de 4 g/L de KF a 95±3 °C durante 48 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 160±5 °C durante 20 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujeron lingotes de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 720±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente la chatarra de circonio, la esponja de titanio y el polvo de grafito remojado y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y mecánicamente para su homogeneización y luego se procesó por colada y laminación en alambres en espiral de aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono con un diámetro de 9,5 mm.

Ejemplo 6

[0022] Se pesó aluminio puro comercial, polvo de circonio, chatarra de titanio y polvo de grafito fueron pesados en una relación en peso del 99,57 % de Al, 0,1 % de Zr, 0,3 % de Ti y 0,03 % de C. El polvo de circonio tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,4 mm a 0,7 mm y el polvo de grafito tenía un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,27 mm y 0,55 mm. El polvo de grafito se puso a remojo en una solución acuosa mixta de 1,2 g/L de K_2TiF_6 y 0,5 g/L de KF a 87±3 °C durante 36 horas, se filtró para eliminar la solución, se secó a 110±5 °C durante 20 horas y seguidamente se enfrió a temperatura ambiente para su uso. Se introdujeron lingotes de aluminio a un horno de inducción, se fundieron y se calentaron a una temperatura de 810±10 °C, al cual se añadieron secuencialmente el polvo de circonio, la chatarra de titanio y el polvo de grafito remojado y se disolvieron completamente con agitación. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura, se agitó continua y mecánicamente para su homogeneización y luego se procesó por colada y laminación en alambres en espiral de aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono con un diámetro de 9,5 mm.

Ejemplo 7

[0023] Se fundió magnesio puro en un horno de inducción bajo la protección de un gas mixto de SF_6 y CO_2, y se calentó a una temperatura de 710 °C, y se añadió al mismo un 1 % de las aleaciones intermedias de Al-Zr-Ti-C preparadas de acuerdo con los ejemplos 1-6, respectivamente, para llevar a cabo el afinamiento del grano. La mezcla resultante se mantuvo a la temperatura con agitación mecánica durante 30 minutos, y se coló directamente en lingotes para dar lugar a 6 grupos de muestra de aleación de magnesio sometida a afinamiento del grano.

[0024] El tamaño de grano de las muestras se evaluó con arreglo a la norma GB/T 6394-2002 para el intervalo circular definido por un radio de entre 1/2 y 3/4 desde el centro de las muestras. Se definieron dos campos de visión en cada uno de los cuatro cuadrantes del intervalo circular, es decir, 8 en total, y se calculó el tamaño de grano por el procedimiento del punto de corte.

[0025] El magnesio puro sin afinamiento del grano mostró unos granos columnares con una anchura de 300 µm~2000 µm que estaban en un estado de dispersión. Los 6 grupos de aleaciones de magnesio sometidos a afinamiento del grano mostraron granos equiaxiales con una anchura de 50 µm~200 µm.

[0026] Los resultados de las pruebas muestran que las aleaciones intermedias de Al-Zr-Ti-C de acuerdo con la presente invención tienen un efecto muy bueno en el afinamiento de los granos de magnesio puro.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono, **caracterizado porque** la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono tiene una composición química de entre el 0,01 % y el 10 % de Zr, entre el 0,01 % y el 10 % de Ti, entre el 0,01 % y 0,3 % de C, y el resto Al, basado en porcentaje en peso; el procedimiento de producción comprende las etapas de:

a. preparar aluminio puro comercial, circonio metálico, titanio metálico y material de grafito de acuerdo con los porcentajes en peso de la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono; el grafito es polvo de grafito que tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,074 mm y 1 mm; y el polvo de grafito se somete a los siguientes tratamientos: se añade a la solución acuosa de KF, NaF, K_2ZrF_6, K_2TiF_6 o la combinación de los mismos, se deja en remojo durante entre 12 y 72 horas, se filtra o se centrifuga, y seguidamente se seca a entre 80 °C y 200 °C durante entre 12 y 24 horas;

b. fundir el aluminio puro comercial y mantenerlo a entre 700 °C y 900 °C para proporcionar aluminio líquido, al cual se añaden el circonio, el titanio y el polvo de grafito tratado preparados y se funden para dar lugar a una solución de aleación; y

c. mantener la solución de aleación a entre 700 °C y 900 °C con agitación mecánica o electromagnética y realizar el moldeo por colada.

2. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenido de impurezas presentes en la aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono es: Fe no más del 0,5 %, Si no más del 0,3 %, Cu no más del 0,2 %, Cr no más del 0,2 %, y otros elementos de impureza individual no más del 0,2 %, basado en porcentaje en peso.

3. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el circonio metálico de la etapa a es chatarra de circonio o polvo de circonio que tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,1 mm y 1 mm, y el titanio metálico es esponja de titanio o chatarra de titanio.

4. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el polvo de grafito tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,335 mm y 1 mm.

5. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el polvo de grafito tiene un tamaño medio de partícula comprendido entre 0,154 mm y 0,335 mm.

6. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la solución acuosa de KF, NaF, K_2ZrF_6, K_2TiF_6 o la combinación de los mismos tiene una concentración comprendida entre 0,1 g/L y 5 g/L.

7. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que cuando el polvo de grafito se pone en remojo, la solución acuosa tiene una temperatura comprendida entre 50 °C y 100 °C.

8. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el circonio, el titanio y el polvo de grafito tratado se añaden en la etapa b en el orden de: en primer lugar el circonio y el titanio, y en segundo lugar el polvo de grafito tratado una vez que el circonio y el titanio se hayan fundido por completo; o en primer lugar el polvo de grafito tratado, y en segundo lugar el circonio y el titanio una vez que el polvo de grafito tratado se haya fundido por completo.

9. El procedimiento para producir una aleación intermedia de aluminio-circonio-titanio-carbono de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que durante el moldeo por colada en el paso c tiene lugar una colada y una laminación para formar un material de alambre que tiene un diámetro comprendido entre 9 y 10 mm.