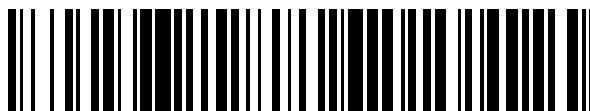


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 329**

51 Int. Cl.:

C22C 21/10 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.11.2014 PCT/JP2014/080110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15133011**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.11.2014 E 14884642 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018 EP 3115474**

54 Título: **Placa de aleación de aluminio estructural y procedimiento de producción de la misma**

30 Prioridad:

06.03.2014 WO PCT/JP2014/055791

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

09.04.2019

73 Titular/es:

**UACJ CORPORATION (100.0%)
1-7-2, Otemachi, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**NAKANISHI, HIDETAKA;
NORIKANE, KAZUSHIGE y
ASANO, MINEO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 708 329 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

Placa de aleación de aluminio estructural y procedimiento de producción de la misma

Referencia cruzada con solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud internacional reclama el beneficio de la Solicitud Internacional de Patente N.º PCT/JP2014/055791 presentada el 6 de marzo de 2014 en la Oficina de Patentes de Japón como oficina receptora, y la divulgación completa de la Solicitud Internacional de Patente N.º PCT/JP2014/055791 se incorpora en el presente documento como referencia.

Campo técnico

10 La presente invención se refiere a una placa de aleación de aluminio estructural, más específicamente, a una placa de aleación de aluminio de Al-Zn-Mg-Cu estructural, y también se refiere a un procedimiento para producir la misma.

Antecedentes de la técnica

15 La aleación de aluminio se ha utilizado convencional y ampliamente como un material estructural para aeronaves, naves espaciales y vehículos debido a su característica de tener una densidad relativa más baja que la de los materiales de hierro y acero. La aleación de aluminio, como material estructural, se ha deseado para reducir aún más su peso, y al mismo tiempo, se ha deseado que la aleación de aluminio tenga una alta resistencia. Por ejemplo, los documentos de patente 1 a 3 han propuesto una aleación de aluminio que tiene mayor resistencia.

Documentos de la técnica anterior

Documentos de patente

20 Documento de Patente 1: Patente japonesa N.º 4285916
Documento de Patente 2: Patente japonesa N.º 4712159
Documento de Patente 3: Patente japonesa N.º 5083816

Sumario de la invención

Problemas a resolver por la invención

25 Sin embargo, para satisfacer la demanda de una aleación de aluminio que tenga una mayor resistencia, el uso de un procedimiento de producción convencional para aumentar la resistencia causa un problema de baja ductilidad. La baja ductilidad no es favorable como material estructural, y por lo tanto, si la ductilidad se mejora, la resistencia generalmente disminuye. Por consiguiente, con el procedimiento de producción convencional, es difícil producir una placa de aleación de aluminio que muestre alta resistencia y alta ductilidad al mismo tiempo. Además, una placa de aleación de aluminio producida por laminado tiene resistencia y ductilidad en una dirección de laminado (una
30 dirección de 0 grados respecto a la dirección de laminado), que son diferentes de la resistencia y la ductilidad en una dirección de 45 grados y en una dirección de 90 grados respecto a la dirección de laminado (esto se denomina anisotropía en el plano). Especialmente, es probable que la resistencia en la dirección de 45 grados sea más pequeña que la resistencia en la dirección de 0 grados y que en la dirección de 90 grados, mientras que la ductilidad en la dirección de 0 grados y en la dirección de 90 grados sean probablemente menores que la ductilidad en la
35 dirección de 45 grados (es decir, la anisotropía en el plano es grande).

En vista de lo anterior, en un aspecto de la presente invención, es deseable proporcionar una placa de aleación de aluminio estructural con excelente resistencia y excelente ductilidad, así como también una pequeña anisotropía en el plano, y también proporcionar un procedimiento para producir la placa de aleación de aluminio estructural.

Medios para resolver los problemas

40 Una placa de aleación de aluminio estructural en un aspecto de la presente invención comprende, como sus componentes, de 7,0 % a 12,0 % en masa de Zn, de 1,5 % a 4,5 % en masa de Mg, de 1,0 % a 3,0 % en masa de Cu, de 0,05 % a 0,30 % en masa de Zr, de 0,005 % a 0,5 % en masa de Ti, 0,5 % o menos en masa de Si, 0,5 % o menos en masa de Fe, 0,3 % o menos en masa de Mn, 0,3 % o menos en masa de Cr y, aparte de los componentes antes mencionados, el resto comprende aluminio y las impurezas inevitables. Además, la placa de aleación de
45 aluminio estructural comprende una textura en la que una densidad de orientación de al menos una orientación cristalina de tres orientaciones cristalinas, que son orientación de latón, orientación S y orientación de cobre, es 20 o más en una relación aleatoria, y en la que una densidad de orientación de cada una de las cinco orientaciones cristalinas, que son la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P, es de 10 o menos en una relación aleatoria. La placa de aleación de aluminio estructural comprende una
50 resistencia a la tracción de 660 MPa o más y un límite elástico del 0,2 % de 600 MPa o más, en cada una de las direcciones de 0 grados y 90 grados con respecto a una dirección de laminado longitudinal. La placa de aleación de aluminio estructural comprende un alargamiento a la rotura en cada uno de las direcciones de 0 grados y 90 grados, que es el 70 % o más de un alargamiento a la rotura en una dirección de 45 grados con respecto a la dirección

longitudinal de laminado. La placa de aleación de aluminio estructural comprende una resistencia a la tracción en la dirección de 45 grados, que es 80 % o más de la resistencia a la tracción en la dirección de 0 grados, y comprende un límite elástico del 0,2 % en la dirección de 45 grados, que es 80 % o más del límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 grados. La placa de aleación de aluminio estructural comprende el alargamiento a la rotura en la

5 dirección de 45 grados, que es del 12 % o más.

Un procedimiento para producir la placa de aleación de aluminio estructural en un aspecto de la presente invención comprende, como sus componentes, de 7,0 % a 12,0 % en masa de Zn, de 1,5 % a 4,5 % en masa de Mg, de 1,0 % a 3,0 % en masa de Cu, de 0,05 % a 0,30 % en masa de Zr, de 0,005 % a 0,5 % en masa de Ti, 0,5 % o menos en masa de Si, 0,5 % o menos en masa de Fe, 0,3 % o menos en masa de Mn, 0,3 % o menos en masa de Cr, y el resto es aluminio e impurezas inevitables. El procedimiento de producción comprende el laminado en caliente en condiciones en las que una relación de reducción total es del 90 % o más, una velocidad de deformación es de 0,01 s⁻¹ o más, una relación de reducción en 1 pasada es del 1 % o más, un número total de pasadas de laminado es de 10 pasadas a 70 pasadas, en el que el 50 % o más del número total de pasadas de laminado es de laminado inverso y la temperatura inicial es de 300 °C a 420 °C, después del laminado en caliente, el tratamiento en solución a una temperatura de 400 °C a 480 °C durante 1 hora a 10 horas, después del tratamiento en solución, se temple enfriando hasta una temperatura de 90 °C o menos en un minuto, y después del templado, el envejecimiento artificial a una temperatura de 80 °C a 180 °C durante 5 horas a 30 horas.

El procedimiento de producción mencionado anteriormente puede comprender además un laminado en frío entre el laminado en caliente y el tratamiento en solución.

20 El procedimiento de producción mencionado anteriormente puede comprender además el forjado libre antes del laminado en caliente.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, es posible proporcionar una placa de aleación de aluminio estructural que sea excelente en resistencia y ductilidad y tenga una pequeña anisotropía en el plano.

Modo para llevar a cabo la invención

25 A continuación, se describirán realizaciones de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se limita a las realizaciones descritas a continuación, y puede llevarse a cabo en varios modos sin apartarse del alcance de la presente invención. Además, las configuraciones obtenidas combinando apropiadamente diferentes realizaciones pueden incluirse en el alcance de la presente invención.

30 Una placa de aleación de aluminio estructural de la presente invención pertenece a la aleación de aluminio Al-Zn-Mg-Cu, que se conoce como aleación de la serie 7000. Es decir, la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización es una placa de aleación de aluminio Al-Zn-Mg-Cu y en lo sucesivo, simplemente denominada placa de aleación de aluminio estructural.

35 La placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización comprende, como componentes principales, zinc (Zn), magnesio (Mg), cobre (Cu), circonio (Zr), titanio (Ti), silicio (Si), hierro (Fe), manganeso (Mn) y cromo (Cr). Además, la placa de aleación de aluminio estructural comprende, hasta el resto, impurezas inevitables y aluminio (Al). Cada uno de estos componentes se explicará a continuación. Cabe señalar que en lo sucesivo en la memoria descriptiva, "% en masa" simplemente se indica como "%".

(1) Zn

40 El Zn aumenta la resistencia de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Zn en una aleación de aluminio es inferior al 7,0 %, no se puede obtener el efecto de aumentar la resistencia de la aleación de aluminio. Además, cuando el contenido de Zn supera el 12,0 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Zn-Mg, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Zn es del 7,0 % al 12,0 %. Además, es preferible que el contenido de Zn sea del 8,0 % al 11,0 %.

45 (2) Mg

El Mg aumenta la resistencia de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Mg en una aleación de aluminio es inferior al 1,5 %, no se puede obtener el efecto de aumentar la resistencia de la aleación de aluminio. Además, cuando el contenido de Mg supera el 4,5 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Zn-Mg y a base de Al-Mg-Cu, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Mg es del 1,5 % al 4,5 %.

50 Además, es preferible que el contenido de Mg sea del 1,5 % al 3,5 %.

(3) Cu

El Cu aumenta la resistencia de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Cu en una aleación de aluminio es inferior al 1,0 %, no se puede obtener el efecto de aumentar la resistencia de la aleación de aluminio. Además,

cuando el contenido de Cu supera el 3,0 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Al-Cu y a base de Al-Mg-Cu, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Cu es del 1,0 % al 3,0 %. Además, es preferible que el contenido de Cu sea de 1,0 % a 2,5 %.

5 (4) Zr

El Zr inhibe la recristalización en una aleación de aluminio durante el tratamiento en solución y aumenta la resistencia de la aleación de aluminio. Cuando el contenido de Zr en una aleación de aluminio es inferior al 0,05 %, la recristalización en la aleación de aluminio no se puede inhibir y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto del aumento de la resistencia de la aleación de aluminio. Además, cuando el contenido de Zr supera el 0,30 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Al-Zr, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Zr es de 0,05 % a 0,30 %. Además, es preferible que el contenido de Zr sea de 0,05 % a 0,20 %.

(5) Ti

El Ti es un componente contenido en un refinador que se añade para refinar los granos de cristal de un lingote. Cuando el contenido de Ti en una aleación de aluminio supera el 0,5 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Al-Ti, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Además, cuando el contenido de Ti es inferior al 0,005 %, no se puede obtener el efecto suficiente de refinamiento de los granos cristalinos de un lingote. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Ti es de 0,005 % a 0,5 %. Además, es preferible que el contenido de Ti sea del 0,35 % o inferior.

(6) Si

El Si reduce la ductilidad de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Si en una aleación de aluminio supera el 0,5 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Al-Fe-Si y Si, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Si se limita al 0,5 % o menos. Además, es preferible que el contenido de Si sea 0,4 % o menos.

(7) Fe

El Fe reduce la ductilidad de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Fe en una aleación de aluminio supera el 0,5 %, se forman productos cristalizados y precipitados a base de Al-Fe-Si y Al-Fe, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Fe se limita al 0,5 % o menos. Además, es preferible que el contenido de Fe sea del 0,35 % o menos.

(8) Mn

El Mn reduce la ductilidad de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Mn en una aleación de aluminio supera el 0,3 %, se forman precipitados y productos cristalizados a base de Al-Mn y a base de Al-Fe-Si-Mn, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Mn se limita al 0,3 % o menos. Además, es preferible que el contenido de Mn sea del 0,2 % o menos.

(9) Cr

El Cr reduce la ductilidad de una aleación de aluminio. Cuando el contenido de Cr en una aleación de aluminio supera el 0,3 %, se forman productos cristalizados a base de Al-Cr y precipitados, lo que provoca una reducción en la ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, el contenido de Cr se limita al 0,3 % o menos. Además, es preferible que el contenido de Cr sea 0,2 % o menos.

45 (10) Aluminio e impurezas inevitables

La placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización contiene, además de los componentes (1) a (9) descritos anteriormente, hasta el resto, aluminio e impurezas inevitables. Estas impurezas son generalmente conocidas en el campo técnico de la aleación de aluminio y, por lo tanto, no se proporcionarán explicaciones detalladas de las mismas aquí.

50 Cada uno de los componentes de Si, Fe, Mn y Cr descritos anteriormente es un componente cuyo contenido es limitado. Por consiguiente, una placa de aleación de aluminio estructural que no contiene en absoluto estos componentes cuyo contenido está limitado (es decir, que el contenido es 0) está dentro del alcance de la presente invención.

A continuación, en el presente documento se explicará una estructura cristalina de la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización.

5 El metal, tal como la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, es un material policristalino. En tal material policristalino, los granos cristalinos están presentes, y la distribución de las orientaciones de la red cristalina de los granos cristalinos (orientación cristalina) se denomina "textura (textura cristalina)".

10 Ejemplos de orientaciones cristalinas representativas presentes en una placa de aleación de aluminio son la orientación de latón, la orientación S, la orientación de cobre, la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW, la orientación P, etc. Las propiedades del metal se especifican basándose en la fracciones de volumen que incluyen estas orientaciones. Debido a que estas orientaciones descritas anteriormente son bien conocidas por los expertos en la materia, no se proporcionarán aquí explicaciones detalladas.

(A) Orientación de latón, orientación S y orientación de cobre

15 La orientación de latón, la orientación S y la orientación de cobre muestran el efecto de aumentar la resistencia. En el caso de que los granos estén menos orientados en cada una de las orientaciones de los cristales y donde las densidades de orientación de las tres orientaciones de los cristales sean menores que 20, no se puede obtener el efecto del aumento de la resistencia de la aleación de aluminio.

20 Por lo tanto, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, la densidad de orientación de una o más orientaciones cristalinas, aparte de las tres orientaciones cristalinas, es decir, orientación de latón, orientación S y orientación de cobre, es 20 o más (relación aleatoria; lo mismo se aplicará en lo sucesivo). Además, de estas tres orientaciones cristalinas, la densidad de orientación de una o más orientaciones cristalinas es preferentemente de 25 o más.

(B) Orientación cúbica, orientación CR, orientación Goss, orientación RW y orientación P

25 La orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P son orientaciones cristalinas que se observan en una textura de recristalización; estas orientaciones muestran el efecto de reducir la resistencia de una aleación de aluminio. En un caso donde la densidad de orientación de cada una de estas orientaciones es superior a 10, aumenta la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio, lo que causa una reducción en la resistencia de la aleación de aluminio.

30 Por consiguiente, en la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, las densidades de orientación (relación aleatoria) de las cinco orientaciones de los cristales, es decir, orientación cúbica, orientación CR, orientación Goss, orientación RW y orientación P, son 10 o menos. Además, las densidades de orientación de las cinco orientaciones cristalinas son preferentemente de 5 o menos.

35 La placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización, que tiene los componentes y las estructuras cristalinas mencionadas anteriormente, tiene la siguiente propiedad: la resistencia a la tracción en cada una de una dirección de 0 grados y una dirección de 90 grados con respecto a una dirección de laminado longitudinal es de 660 MPa o más; el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados es de 600 MPa o más; el alargamiento a la rotura en cada una de la dirección de 0 grados y la dirección de 90 grados es del 70 % o más del alargamiento a la rotura en una dirección de 45 grados con respecto a la dirección longitudinal de laminado; la resistencia a la tracción en la dirección de 45 grados es 80 % o más de la resistencia a la tracción en la dirección de 0 grados, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 45 grados es del 80 % o más del límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 °C grados y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados es 12 % o más.

45 Debido a que la placa de aleación de aluminio estructural de acuerdo con la presente realización tiene las propiedades mencionadas anteriormente, se puede demostrar que dicha placa de aleación de aluminio estructural exhibe suficiente resistencia y excelente ductilidad, y tiene una pequeña anisotropía en el plano. Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención, es posible obtener una placa de aleación de aluminio estructural que sea adecuada para aviones, naves espaciales y vehículos, por ejemplo.

A continuación, se describirá un procedimiento para producir la placa de aleación de aluminio estructural de la presente realización.

50 El procedimiento de producción de la presente realización es un procedimiento para producir una placa de aleación de aluminio estructural que comprende de 7,0 % a 12,0 % de Zn, de 1,5 % a 4,5 % de Mg, de 1,0 % a 3,0 % de Cu, de 0,05 % a 0,30 % de Zr y de 0,005 % a 0,5 % de Ti, 0,5 % o menos de Si, 0,5 % o menos de Fe, 0,3 % o menos de Mn, 0,3 % o menos de Cr, y el resto son aluminio e impurezas inevitables.

Este procedimiento de producción comprende, al menos, laminado en caliente, el tratamiento en solución se realiza después del laminado en caliente, el templado se realiza después del tratamiento en solución y el envejecimiento artificial se realiza después del templado.

Además, el procedimiento de producción de la presente realización puede comprender además un laminado en frío entre el laminado en caliente y el tratamiento en solución. Además, el procedimiento de producción de la presente realización puede comprender además un forjado libre antes del laminado en caliente.

A continuación, cada uno de los procedimientos mencionados anteriormente se describirá en detalle.

5 (a) Laminado en caliente

El laminado en caliente es un procedimiento de laminado que se lleva a cabo manteniendo la temperatura a una temperatura específica (por ejemplo, la temperatura de recristalización del metal) o mayor. En la presente realización, el laminado en caliente se lleva a cabo en las condiciones en las que la relación de reducción total es del 90 % o superior, la velocidad de deformación es de $0,01 \text{ s}^{-1}$ o más, la relación de reducción en 1 pasada es del 1 % o más, un número total de pasadas de laminado es de 10 pasadas a 70 pasadas, en el que el 50 % o más del número total de pasadas es de laminado inverso, y la temperatura inicial es de $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $420 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

La relación de reducción total es una relación de reducción de un grosor de placa de un material laminado en el procedimiento de laminado. Además, la velocidad de deformación es un valor numérico que representa una relación de reducción entre el grosor de la placa y el tiempo de trabajo de una unidad en el procedimiento de laminado. Además, la relación de reducción en 1 pasada es una relación de reducción del grosor de la placa del material durante 1 pasada del laminado. Además, el laminado inverso consiste en realizar repetidamente el laminado mientras se hace que el material pasara de un lado a otro; el laminado inverso, en el que se cambia la dirección del laminado en 180 grados para cada paso, se distingue del laminado en una dirección porque la dirección del laminado siempre es fija.

En cuanto a la relación de reducción total en el laminado en caliente, cuanto mayor sea el valor numérico de la relación de reducción total, mayor será la densidad de orientación de al menos una orientación de orientación de latón, orientación S y orientación de cobre; consecuentemente, se incrementa la resistencia de la aleación de aluminio. Si la relación de reducción total es inferior al 90 %, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Además, cuanto más alta es la relación de reducción total del laminado en caliente, más pequeñas son las densidades de orientación de toda la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P; en consecuencia, la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio es pequeña y, por lo tanto, aumenta la resistencia de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la relación de reducción total en el laminado en caliente es del 90 % o superior. Para reducir aún más la anisotropía en el plano y mejorar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que la relación de reducción total en el laminado en caliente sea del 93 % o más.

Además, en cuanto a la velocidad de deformación en el laminado en caliente, cuanto mayor sea el valor numérico de la velocidad de deformación, mayor será la densidad de orientación de al menos una orientación de orientación de latón, orientación S y orientación de cobre; consecuentemente, se incrementa la resistencia de la aleación de aluminio. Si la velocidad de deformación es inferior a $0,01 \text{ s}^{-1}$ no se puede lograr la resistencia necesaria de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la velocidad de deformación en el laminado en caliente es de $0,01 \text{ s}^{-1}$ o más. Para aumentar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que la velocidad de deformación en el laminado en caliente sea de $0,03 \text{ s}^{-1}$ o más.

A este respecto, un límite superior de la relación de reducción total y un límite superior de la velocidad de deformación en el laminado en caliente no se definen específicamente; sin embargo, en vista de las instalaciones de producción actuales, un valor de referencia como límite superior de la relación de reducción total es de aproximadamente el 99 % y un valor de referencia como límite superior de la velocidad de deformación es de aproximadamente 400 s^{-1} .

En cuanto a la relación de reducción en 1 pasada del laminado en caliente, cuanto mayor sea su valor numérico, mayor será la densidad de orientación de al menos una orientación de orientación de latón, orientación S y orientación de cobre; consecuentemente, se incrementa la resistencia de la aleación de aluminio. Si la relación de reducción en 1 pasada es inferior al 1 %, no se puede obtener el efecto de aumentar la resistencia de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la relación de reducción en 1 pasada es del 1 % o superior. Con el fin de aumentar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que la relación de reducción en 1 pasada sea del 1,5 % o más. A este respecto, no se define específicamente un límite superior de la relación de reducción en 1 pasada; sin embargo, en vista de las instalaciones de producción actuales, un valor de referencia como límite superior es de aproximadamente el 50 %.

En el laminado en caliente, si el número total de pasadas de laminado es grande, por cada pasada se consigue una cantidad de reducción de laminado pequeña antes de obtener el grosor específico. Por esta razón, una parte de la capa de superficie en una dirección de grosor de la placa tiene una prioridad más alta para laminarse en caliente que una parte central en la dirección de grosor de la placa y, por lo tanto, la parte central en la dirección de grosor de la

placa es menos probable que sea laminada en caliente. En consecuencia, las texturas en orientación de latón, orientación S y orientación de cobre no se desarrollan. Si el número total de pasadas de laminado excede las 70 pasadas, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Por otro lado, si el número total de pasadas de laminado es pequeño, por cada pasada se consigue una cantidad de reducción de laminado grande antes de obtener el específico. Por esta razón, se aplica una fuerte cizalladura a la porción de la capa superficial en la dirección del grosor de la placa y, por lo tanto, no se desarrollan las texturas en la orientación de latón, orientación S y orientación de cobre. En consecuencia, las densidades de orientación de la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P no disminuyen suficientemente. Si el número total de pasadas de laminado es inferior a 10 pasadas, la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio no disminuye; por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, el número total de pasadas de laminado es de 10 pasadas a 70 pasadas. Para aumentar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que el número total de pasadas de laminado sea de 20 pasadas a 60 pasadas.

En cuanto al trabajo de laminado en el laminado en caliente, el material se puede laminar de manera más uniforme mediante el laminado inverso que con el laminado en una dirección. En el caso de laminado inverso, aumenta la densidad de orientación de al menos una orientación de orientación de latón, orientación S y orientación de cobre. Además, las densidades de orientación de toda la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P disminuyen. Por esta razón, la aleación de aluminio tiene una pequeña anisotropía en el plano, lo que aumenta la resistencia de la aleación de aluminio. En el laminado en una dirección, el laminado no se realiza de manera uniforme. Como resultado, el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio no se puede obtener suficientemente. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, el 50 % o más del número total de pasadas de laminado es de laminado inverso. Con el fin de reducir la anisotropía en el plano y mejorar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que el 70 % o más del número total de pasadas de laminado sea de laminado inverso.

Si la temperatura inicial del laminado en caliente es inferior a 300 °C, debido a una gran resistencia a la deformación del material, el trabajo de laminado se aplica solo a la parte de la capa superficial en la dirección del grosor de la placa, pero no se aplica lo suficiente a la parte central en la dirección del grosor de la placa. Por lo tanto, es menos probable que las texturas se desarrollen en la orientación de latón, la orientación S y la orientación de cobre; las densidades de orientación de toda la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P no disminuyen lo suficiente. Por esta razón, la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio no disminuye y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Además, debido a que la carga de laminado aumenta y es probable que se produzcan grietas en el material durante el laminado, es difícil llevar a cabo el trabajo de laminado. Por otro lado, si la temperatura inicial del laminado es superior a 420 °C, la resistencia a la deformación del material es pequeña y el material se deforma fácilmente. Por lo tanto, es menos probable que las texturas se desarrollen en orientación de latón, orientación S y orientación de cobre; las densidades de orientación de toda la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P no disminuyen lo suficiente. Por esta razón, la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio no disminuye y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la temperatura inicial del laminado está en un intervalo de 300 °C a 420 °C.

(b) Laminado en frío

El laminado en frío es un procedimiento de laminado que se lleva a cabo a una temperatura igual o inferior a una temperatura específica (por ejemplo, la temperatura de recristalización del metal). En la presente realización, este laminado en frío puede llevarse a cabo después del laminado en caliente. Debe observarse que, en el procedimiento de producción de la presente invención, el laminado en frío no necesariamente tiene que llevarse a cabo, y las propiedades mecánicas objetivo pueden alcanzarse suficientemente sin el laminado en frío. Sin embargo, si se lleva a cabo el laminado en frío, se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia.

Como en el caso del laminado en caliente, en el laminado en frío, cuanto mayor es la relación de reducción total, más anisotropía en el plano de la aleación de aluminio se puede reducir y, además, mayor es el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio que se puede obtener.

Aparte de las condiciones mencionadas anteriormente, las condiciones en el laminado en frío no se especifican particularmente, y el laminado en frío se puede llevar a cabo en las condiciones utilizadas en el laminado en frío que generalmente se realiza en el campo técnico de la presente invención.

(c) Tratamiento en solución

El tratamiento en solución es un tratamiento para disolver productos cristalizados y precipitados que están presentes en estructuras metálicas. En la presente realización, esta solución de tratamiento se realiza después del laminado en caliente o, si se realiza el laminado en frío, después del laminado en frío.

5 Si la temperatura del tratamiento en solución es inferior a 400 °C, el material no se puede disolver lo suficiente y, por lo tanto, la resistencia y la ductilidad de la aleación de aluminio no se pueden obtener de manera suficiente. Además, en el tratamiento en solución, si la temperatura supera los 480 °C, lo que significa que la temperatura excede una temperatura sólida del material, se produce una fusión parcial. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la temperatura del tratamiento en solución se especifica en un intervalo de 400 °C a 480 °C. Además, para mejorar aún más la resistencia y la ductilidad de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que la temperatura del tratamiento en solución se especifique en un rango de 420 °C a 480 °C.

10 En el tratamiento en solución, si el tiempo de tratamiento es inferior a 1 hora, el material no puede disolverse lo suficiente y, por lo tanto, la resistencia y la ductilidad de la aleación de aluminio no se pueden obtener suficientemente. Además, en el tratamiento en solución, si el tiempo de tratamiento supera las 10 horas, la recristalización se produce en una estructura metálica del material. Como resultado, la densidad de orientación de al menos una orientación de orientación de latón, orientación S y orientación de cobre disminuye y también aumentan las densidades de orientación de la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P. Por esta razón, la anisotropía en el plano de la aleación de aluminio es grande y, por lo tanto, no se puede obtener la resistencia necesaria de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, el tiempo del tratamiento en solución se especifica en un intervalo de 1 hora a 15 10 horas. Además, para mejorar aún más la resistencia y la ductilidad de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, el tiempo del tratamiento en solución es preferentemente de 1,5 horas a 8 horas.

20 Aparte de las condiciones mencionadas anteriormente, las condiciones en el tratamiento en solución no se especifican particularmente, y el tratamiento en solución se puede llevar a cabo en condiciones usadas en el tratamiento en solución que generalmente se lleva a cabo en el campo técnico de la presente invención.

(d) Templado

25 El templado es un tratamiento para reducir rápidamente la temperatura del material hasta aproximadamente la temperatura ambiente sin causar la precipitación de los elementos componentes que se han disuelto en el tratamiento en solución (es decir, manteniendo los elementos componentes en el estado disuelto). Los ejemplos de templado incluyen el templado con agua, en el que tiene lugar un enfriamiento rápido poniendo el material en agua inmediatamente después del tratamiento en solución.

30 En el templado, a menos que el material se enfríe hasta una temperatura de 90 °C o inferior en un minuto, se producen precipitaciones durante el enfriamiento. En este caso, la disolución no se puede lograr de manera suficiente, y no se pueden obtener la resistencia y la ductilidad necesarias de la aleación de aluminio. Además, con el fin de mejorar aún más la resistencia y la ductilidad de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es más preferible que el material se enfríe para que tenga una temperatura de 80 °C o inferior en 50 segundos.

35 Aparte de las condiciones mencionadas anteriormente, las condiciones en la extinción no se especifican particularmente, y la extinción se puede llevar a cabo en las condiciones utilizadas en la extinción que generalmente se lleva a cabo en el campo técnico de la presente invención.

(e) Tratamiento de envejecimiento artificial

40 Si la temperatura del tratamiento de envejecimiento artificial es inferior a 80 °C, no se produce precipitación y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio aumentando la precipitación. Además, si la temperatura del tratamiento de envejecimiento artificial supera los 180 °C, se forman precipitados gruesos y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio aumentando la precipitación. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la temperatura del tratamiento de envejecimiento artificial se especifica en un intervalo de 80°C a 180°C. Además, para mejorar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que la temperatura del tratamiento de envejecimiento artificial esté en un rango de 100 °C a 180 °C. 45

50 Si el tiempo de tratamiento de envejecimiento artificial es inferior a 5 horas, la precipitación no se produce de manera suficiente y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio aumentando la precipitación. Además, si el tiempo de tratamiento de envejecimiento artificial supera las 30 horas, se generan precipitados gruesos y, por lo tanto, no se puede obtener el efecto de mejorar la resistencia de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, el tiempo de tratamiento de envejecimiento artificial se especifica en un intervalo de 5 horas a 30 horas. Además, para mejorar aún más la resistencia de una placa de aleación de aluminio estructural resultante, es preferible que el tiempo de tratamiento de envejecimiento artificial sea de 8 horas a 28 horas.

55 Aparte de las condiciones mencionadas anteriormente, las condiciones en el tratamiento de envejecimiento artificial no se especifican particularmente, y el tratamiento de envejecimiento artificial puede llevarse a cabo en condiciones usadas en el tratamiento de envejecimiento artificial que generalmente se lleva a cabo en el campo técnico de la presente invención.

(f) Forjado libre

En la presente realización, el forjado libre puede llevarse a cabo antes del laminado en caliente.

5 Al realizar el forjado libre antes del laminado en caliente, las estructuras del lingote se descomponen, mejorando así la resistencia y la ductilidad de la aleación de aluminio. Debe observarse que en el procedimiento de producción de la presente invención, el forjado libre no necesariamente tiene que llevarse a cabo, las propiedades mecánicas objetivo pueden lograrse suficientemente sin el forjado libre. Sin embargo, cuando se lleva a cabo el forjado libre, las estructuras del lingote se descomponen, mejorando así la resistencia y la ductilidad de la aleación de aluminio.

10 En el forjado libre, cuanto mayor es la relación de compresión, más se descomponen las estructuras de los lingotes, lo que se traduce en una mayor resistencia y ductilidad de la aleación de aluminio. Por consiguiente, en el procedimiento de producción de la presente realización, la relación de compresión no se especifica particularmente. Sin embargo, cuando se lleva a cabo el forjado libre, es preferible que la relación de compresión sea del 30 % o más.

15 Aparte de las condiciones mencionadas anteriormente, las condiciones en el forjado libre no se especifican particularmente, y el forjado libre se puede llevar a cabo en condiciones usadas en el forjado libre que generalmente se lleva a cabo en el campo técnico de la presente invención.

20 De acuerdo con el procedimiento de producción de la presente realización que comprende los procedimientos (a) a (f) mencionados anteriormente, es posible producir una placa de aleación de aluminio estructural que tenga suficiente resistencia y excelente ductilidad, así como una pequeña anisotropía en el plano. En consecuencia, con la presente invención, se puede obtener una placa de aleación de aluminio estructural que es adecuada para aviones y vehículos espaciales y para vehículos, por ejemplo.

REALIZACIÓN

A continuación, se describirán realizaciones de la presente invención en comparación con ejemplos comparativos, para demostrar los efectos de la presente invención. Estas realizaciones simplemente ilustran una realización de la presente invención, y la presente invención no se limita en absoluto a estas realizaciones.

25 [Realización 1]

En la Realización 1, en primer lugar, varias aleaciones de aluminio A a V, que contienen elementos metálicos en los contenidos enumerados en la Tabla 1, se moldearon por colada con enfriamiento directo para producir lingotes, cada uno con un grosor de 500 mm y un ancho de 500 mm. Hay que señalar que "R" en la tabla 1 se refiere al resto (resto).

30 [Tabla 1]

| Composición química de cada material de prueba | | | | | | | | | | | |
|--|---------|------------------------|------|-----|-------|-----|-------|------|-------|------|----|
| | Símbolo | Componente (% en masa) | | | | | | | | | |
| | | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | Zr | Al |
| Realización | A | 0,23 | 0,11 | 2,1 | 0,01 | 2,9 | 0,02 | 10,1 | 0,05 | 0,13 | R |
| | B | 0,22 | 0,12 | 1,3 | 0,05 | 3,0 | 0,09 | 11,2 | 0,23 | 0,12 | R |
| | C | 0,21 | 0,11 | 2,8 | 0,03 | 3,1 | 0,12 | 10,8 | 0,32 | 0,11 | R |
| | D | 0,19 | 0,13 | 2,0 | 0,02 | 1,7 | 0,06 | 9,8 | 0,12 | 0,10 | R |
| | E | 0,18 | 0,10 | 2,1 | 0,04 | 4,3 | 0,08 | 9,5 | 0,16 | 0,13 | R |
| | F | 0,20 | 0,14 | 19 | <0,01 | 3,5 | 0,14 | 7,5 | 0,09 | 0,09 | R |
| | G | 0,19 | 0,09 | 2,3 | 0,02 | 3,4 | 0,10 | 11,8 | <0,01 | 0,15 | R |
| | H | 0,02 | 0,01 | 2,4 | 0,07 | 2,9 | <0,01 | 9,5 | 0,02 | 0,13 | R |
| | I | 0,44 | 0,39 | 2,2 | 0,23 | 3,2 | 0,19 | 10,5 | 0,43 | 0,10 | R |
| Ejemplo comparativo | J | 0,19 | 0,10 | 1,5 | 0,06 | 2,9 | 0,06 | 6,3 | 0,12 | 0,14 | R |
| | K | 0,18 | 0,12 | 1,9 | 0,10 | 3,2 | 0,08 | 14,2 | 0,22 | 0,09 | R |
| | L | 0,21 | 0,14 | 2,3 | 0,09 | 1,1 | 0,07 | 11,0 | 0,35 | 0,20 | R |
| | M | 0,22 | 0,10 | 2,2 | 0,12 | 5,2 | 0,06 | 9,5 | 0,09 | 0,10 | R |
| | N | 0,15 | 0,15 | 0,7 | 0,03 | 1,9 | 0,03 | 9,9 | 0,06 | 0,13 | R |
| | O | 0,25 | 0,09 | 3,6 | 0,06 | 3,0 | 0,08 | 8,9 | <0,01 | 0,08 | R |
| | P | 0,20 | 0,20 | 22 | 0,15 | 4,2 | 0,10 | 11,0 | 0,18 | 0,02 | R |

(continuación)

| Composición química de cada material de prueba | | | | | | | | | | | |
|--|---------|------------------------|------|-----|-------|-----|-------|------|------|------|----|
| | Símbolo | Componente (% en masa) | | | | | | | | | |
| | | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Zn | Ti | Zr | Al |
| | Q | 0,30 | 0,19 | 1,8 | 0,13 | 2,5 | 0,03 | 10,5 | 0,11 | 0,39 | R |
| | R | 0,72 | 0,22 | 2,0 | 0,10 | 3,2 | <0,01 | 9,0 | 0,09 | 0,15 | R |
| | S | 0,40 | 0,83 | 2,5 | 0,08 | 2,7 | 0,06 | 9,6 | 0,15 | 0,20 | R |
| | T | 0,19 | 0,20 | 1,7 | 0,06 | 4,0 | 0,13 | 11,3 | 0,70 | 0,18 | R |
| | U | 0,32 | 0,15 | 2,1 | 0,45 | 3,5 | 0,03 | 7,9 | 0,09 | 0,13 | R |
| | V | 0,22 | 0,09 | 2,3 | <0,01 | 3,0 | 0,39 | 8,0 | 0,03 | 0,11 | R |

5 A continuación, los lingotes hechos de las aleaciones de aluminio A a V se sometieron a un tratamiento de
homogeneización a una temperatura de 450 °C durante 10 horas, y luego se laminaron en caliente en las siguientes
condiciones: la temperatura inicial del laminado fue de 400 °C; la velocidad de deformación fue de 0,3 s⁻¹; la relación
de reducción en 1 pasada fue de 1 % o más; el número total de pasadas fue de 50 pasadas, en las cuales se realizó
el laminado inverso en 40 pasadas de las 50 pasadas (es decir, el 80 % del número total de pasadas). En
consecuencia, se obtuvieron placas laminadas en caliente con un grosor de placa de 20 mm (la relación de
reducción total fue del 96 %). Las diversas placas laminadas en caliente obtenidas se trataron con solución a una
10 temperatura de 450 °C durante 3 horas y luego se templaron con agua para enfriarlas a 75 °C o menos en 50
segundos. Posteriormente, se realizó un tratamiento de envejecimiento artificial a una temperatura de 140 °C
durante 10 horas.

15 Posteriormente, las diversas placas de aleación de aluminio estructural obtenidas se denominaron materiales de
prueba 1 a 22, cada una de las cuales se midió a temperatura ambiente con respecto a la resistencia a la tracción, el
límite elástico del 0,2 % y el alargamiento a la rotura. Los resultados se muestran en la Tabla 2. Los procedimientos
utilizados para medir la resistencia a la tracción, el límite elástico del 0,2 % y el alargamiento a la rotura se ajustaron
a un procedimiento de prueba especificado en las Normas Industriales de Japón (JIS) como procedimiento de
prueba de tracción para materiales metálicos, (véase JIS N.º: JISZ2241). Las direcciones de tracción utilizadas para
20 la prueba de tracción fueron tres direcciones en total: una dirección de 0 grados con respecto a, una dirección de 45
grados con respecto a, y una dirección de 90 grados con respecto a una dirección de laminado (una dirección de
laminado longitudinal) (en lo sucesivo, simplemente denominadas "dirección de 0 grados", "dirección de 45 grados" y
"dirección de 90 grados", respectivamente).

25 Además, las texturas se midieron en las siguientes etapas. Las piezas de prueba se obtuvieron de la siguiente
manera. Se corta una porción central en la dirección de la anchura de cada uno de los materiales de prueba en
forma de placa hasta obtener un tamaño de 25 mm de longitud y 25 mm de anchura. Estas porciones se recogieron,
y se trabajaron en la cara, hasta que el grosor de su placa alcanza un segundo del grosor de la placa original, con su
superficie perpendicular a la dirección del grosor que se utiliza como superficie de medición. Posteriormente, estas
porciones se trituraron con papel de molienda SiC (φ 305 mm, grano 2400) fabricado por Marumoto Struers
Kabushiki Kaisha.

30 Seguidamente, estas porciones se corroían, durante unos 10 segundos, con un líquido corrosivo que era una mezcla
de ácido nítrico, ácido clorhídrico y fluoruro de hidrógeno. Como resultado, se prepararon piezas de prueba para la
medición de figuras polares mediante reflectometría de rayos X. Se realizó una figura polar para cada una de las
piezas de prueba obtenidas mediante reflectometría de rayos X, y se realizó un análisis de orientación tridimensional
mediante un procedimiento de expansión en serie utilizando armónicos esféricos. De este modo, se determinó la
35 densidad de orientación de cada una de las orientaciones.

[Tabla 2]

Densidad de orientación del cristal y propiedades mecánicas de cada material de prueba

| | Tipo de aleación | Material de prueba | Densidad de orientación de cada orientación de cristal (en relación aleatoria) | | | | | | | Prueba de tracción | | | | | | | | | | | | Evaluación total | | |
|---------------------|------------------|--------------------|--|----|----|----|----|----|----|----------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------|-----------------------------|-------|
| | | | Densidad de orientación de cada orientación de cristal (en relación aleatoria) | | | | | | | Orientación 0 grados | | | | Orientación 45 grados | | | | Orientación 90 grados | | | | | | |
| | | | B | S | Co | Cu | CR | Go | RW | P | Resistencia a la tracción (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Limite elástico 0.2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Limite elástico 0.2 % (MPa) | Resistencia a la tracción (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | | Limite elástico 0.2 % (MPa) | |
| Realización | A | 1 | 27 | 22 | 19 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 767 | 732 | 683 | 14 | 702 | 683 | 14 | 743 | 712 | 12 | Buena |
| | B | 2 | 25 | 20 | 17 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 712 | 653 | 613 | 15 | 683 | 613 | 15 | 701 | 632 | 13 | Buena | |
| | C | 3 | 22 | 22 | 19 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 762 | 711 | 677 | 12 | 722 | 677 | 12 | 743 | 695 | 11 | Buena | |
| | D | 4 | 26 | 23 | 18 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 682 | 633 | 592 | 14 | 632 | 592 | 14 | 670 | 621 | 11 | Buena | | |
| | E | 5 | 23 | 20 | 16 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 758 | 722 | 643 | 13 | 698 | 643 | 13 | 730 | 695 | 10 | Buena | | |
| | F | 6 | 22 | 19 | 17 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 672 | 625 | 583 | 17 | 648 | 583 | 17 | 663 | 608 | 12 | Buena | | |
| | G | 7 | 21 | 16 | 14 | 3 | 2 | 1 | 1 | 4 | 745 | 703 | 610 | 13 | 683 | 610 | 13 | 720 | 683 | 11 | Buena | | | |
| | H | 8 | 24 | 15 | 12 | 5 | 1 | 3 | 3 | 1 | 744 | 712 | 652 | 17 | 693 | 652 | 17 | 712 | 655 | 14 | Buena | | | |
| | I | 9 | 20 | 20 | 15 | 6 | 1 | 4 | 3 | 2 | 721 | 683 | 612 | 13 | 660 | 612 | 13 | 695 | 632 | 10 | Buena | | | |
| | J | 10 | 22 | 19 | 16 | 3 | 4 | 5 | 2 | 5 | 642 | 595 | 545 | 17 | 593 | 545 | 17 | 633 | 585 | 14 | No buena | | | |
| Ejemplo comparativo | K | 11 | 23 | 20 | 16 | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 752 | 715 | 633 | 7 | 693 | 633 | 7 | 732 | 701 | 5 | 5 | 5 | No buena | |
| | L | 12 | 20 | 16 | 13 | 6 | 3 | 3 | 1 | 2 | 635 | 583 | 542 | 18 | 599 | 542 | 18 | 623 | 577 | 15 | 15 | 15 | No buena | |
| | M | 13 | 21 | 21 | 20 | 5 | 2 | 3 | 2 | 1 | 735 | 692 | 652 | 8 | 701 | 652 | 8 | 723 | 677 | 6 | 6 | 6 | No buena | |
| | N | 14 | 22 | 20 | 19 | 4 | 5 | 2 | 3 | 2 | 629 | 584 | 544 | 15 | 582 | 544 | 15 | 610 | 571 | 12 | 12 | 12 | No buena | |
| | O | 15 | 24 | 18 | 14 | 7 | 6 | 1 | 1 | 2 | 736 | 707 | 621 | 9 | 683 | 621 | 9 | 730 | 695 | 8 | 8 | 8 | No buena | |
| | P | 16 | 4 | 3 | 3 | 13 | 3 | 5 | 3 | 12 | 597 | 532 | 411 | 25 | 453 | 411 | 25 | 583 | 519 | 14 | 14 | 14 | No buena | |
| | Q | 17 | 21 | 16 | 11 | 2 | 2 | 4 | 2 | 4 | 744 | 699 | 666 | 5 | 703 | 666 | 5 | 725 | 680 | 5 | 5 | 5 | No buena | |
| | R | 18 | 22 | 20 | 13 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 732 | 688 | 621 | 4 | 673 | 621 | 4 | 713 | 677 | 2 | 2 | 2 | No buena | |
| | S | 19 | 25 | 23 | 16 | 6 | 1 | 2 | 2 | 3 | 721 | 679 | 637 | 5 | 680 | 637 | 5 | 705 | 663 | 3 | 3 | 3 | No buena | |
| | T | 20 | 26 | 22 | 15 | 5 | 2 | 2 | 1 | 3 | 712 | 688 | 651 | 7 | 677 | 651 | 7 | 695 | 661 | 6 | 6 | 6 | No buena | |
| | U | 21 | 24 | 19 | 14 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | 706 | 673 | 580 | 8 | 611 | 580 | 8 | 688 | 621 | 7 | 7 | 7 | No buena | |
| | V | 22 | 23 | 16 | 15 | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 | 724 | 689 | 621 | 7 | 683 | 621 | 7 | 713 | 670 | 6 | 6 | 6 | No buena | |

* Los símbolos de las orientaciones del cristal en la tabla corresponden a las siguientes orientaciones del cristal: B: orientación de latón, S: orientación S, Co: orientación de cobre, Cu: orientación cúbica, CR: orientación CR, Go: orientación Goss, RW: orientación RW y P: orientación P.

Como se desprende de los resultados en la Tabla 2, los Materiales de prueba 1 a 9 de las placas de aleación de aluminio estructural se obtuvieron utilizando aleaciones de aluminio A a I que contienen composiciones químicas dentro del alcance de la presente invención, y todos los Materiales de prueba 1 a 9 exhibieron las siguientes excelentes propiedades: la resistencia a la tracción en cada una de las direcciones 0 grados y 90 grados fue de 660 MPa o más; el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue de 600 MPa o más; el alargamiento a la rotura en cada una de las direcciones de 0 grados y la dirección de 90 grados fue del 70 % o más de alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados; la resistencia a la tracción en la dirección de 45 grados fue del 80 % o más de la resistencia a la tracción en la dirección de 0 grados, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 45 grados fue del 80 % o más del límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 grados; y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue de 12 % o más.

Por el contrario, los Materiales de prueba 10 a 22 de las placas de aleación de aluminio se obtuvieron utilizando aleaciones de aluminio J a V que contenían componentes químicos que estaban fuera del alcance de la presente invención, y en las aleaciones de aluminio existían cantidades demasiado grandes o demasiado pequeñas de algunos de los componentes. En consecuencia, al menos, las densidades de orientación de las orientaciones de los cristales, o las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, límite elástico del 0,2 % y alargamiento a la rotura) de los Materiales de prueba 10 a 22 estaban fuera del alcance de la presente invención.

Específicamente, en el Material de prueba 10, se utilizó la aleación de aluminio J con un contenido de Zn inferior al 7,0 % y, por lo tanto, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa.

Además, en el Material de prueba 11, se utilizó la aleación de aluminio K que tiene un contenido de Zn de más del 12,0 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Zn-Mg. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 12, se utilizó una aleación de aluminio L que tiene un contenido de Mg inferior al 1,5 % y, por lo tanto, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa.

Además, en el Material de prueba 13, se usó la aleación de aluminio M que tiene un contenido de Mg de más del 4,5 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Zn-Mg y a base de Al-Mg-Cu. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 14, se utilizó una aleación de aluminio N que tiene un contenido de Cu inferior al 1,0 % y, por lo tanto, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa.

Además, en el Material de prueba 15, se utilizó la aleación de aluminio O con un contenido de Cu superior al 3,0 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Cu y Al-Mg-Cu. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 16, se utilizó una aleación de aluminio P con un contenido de Zr inferior al 0,05 % y, por lo tanto, se formó una textura de recristalización. No se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa. El límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa.

Además, en el Material de prueba 17, se utilizó la aleación de aluminio Q con un contenido de Zr de más del 0,30 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Zr. La ductilidad se redujo y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 18, se utilizó la aleación de aluminio R que tiene un contenido de Si superior al 0,5 % y, por lo tanto, se formaron productos y precipitados cristalizados a base de Al-Fe-Si y Si. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 19, se utilizó la aleación de aluminio S con un contenido de Fe de más del 0,5 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Fe-Si y Al-Fe. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 20, se usó la aleación de aluminio T que tiene un contenido de Ti de más del 0,5 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Ti. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 21, se utilizó la aleación de aluminio U que tiene un contenido de Mn de más del 0,3 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Mn y a base de Al-Fe-Si-Mn.

La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

Además, en el Material de prueba 22, se utilizó la aleación de aluminio V que tiene un contenido de Cr de más del 0,3 % y, por lo tanto, se formaron productos cristalizados y precipitados a base de Al-Cr. La ductilidad disminuyó y el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

5 [Realización 2]

En la realización 2, en primer lugar, se obtuvo un lingote por enfriamiento directo con un grosor de 500 mm y una anchura de 500 mm; el lingote de enfriamiento directo tenía una composición química que comprendía 10,2 % de Zn, 2,9 % de Mg, 1,8 % de Cu, 0,16 % de Zr, 0,22 % de Si, 0,13 % de Fe, 0,05 % de Ti, 0,02 % de Mn y 0,01 % de Cr, y el resto aluminio con impurezas inevitables.

10 A continuación, los lingotes de aleación de aluminio resultantes se trataron en condiciones de forja, condiciones de laminado en caliente, condiciones de laminado en frío, condiciones de tratamiento en solución, condiciones de templado y condiciones de tratamiento de envejecimiento artificial, que se muestran en la Tabla 3. Como resultado, se obtuvieron los Materiales de prueba 23 a 44 de varias placas de aleación de aluminio estructural, cada una con un grosor de placa de 2,0 mm.

15

[Tabla 3]

| Condición de producción de cada material de prueba | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------------------|---|---|-----------------------|--|--------------------------|----------------------------|------------------|------------|-------------------------------|--|------------|
| Material de prueba | Forjado libre | Templado | | | | | | Tratamiento de la solución | | | | Tratamiento de envejecimiento artificial | |
| | | Tasa de reducción total (%) | Velocidad de deformación (S ⁻¹) | Valor mínimo de la tasa de reducción por pase (%) | Número total de pases | Relación laminado inverso - total de pases (%) | Temperatura inicial (°C) | Laminado en frío | Temperatura (°C) | Tiempo (h) | Tiempo para alcanzar 90°C (s) | Temperatura (°C) | Tiempo (h) |
| 23 | Hecho | 93 | 0,2 | 1,3 | 58 | 75 | 356 | No | 450 | 2 | 42 | 140 | 10 |
| 24 | Hecho | 98 | 1,2 | 3,6 | 55 | 96 | 405 | Hecho | 465 | 3 | 55 | 120 | 20 |
| 25 | No | 97 | 12,3 | 1,6 | 35 | 65 | 396 | Hecho | 470 | 3 | 48 | 130 | 20 |
| 26 | No | 92 | 5,6 | 1,0 | 68 | 70 | 345 | No | 470 | 3 | 33 | 150 | 10 |
| 27 | Hecho | 67 | 0,9 | 2,0 | 51 | 86 | 329 | No | 475 | 1 | 38 | 150 | 12 |
| 28 | No | 91 | 0,002 | 1,6 | 46 | 59 | 410 | Hecho | 475 | 3 | 56 | 135 | 16 |
| 29 | Hecho | 93 | 353 | 3,2 | 39 | 68 | 359 | No | 465 | 2 | 49 | 125 | 18 |
| 30 | Hecho | 90 | 3,5 | 1,6 | 26 | 74 | 367 | Hecho | 385 | 8 | 45 | 140 | 16 |
| 31 | No | 95 | 4,6 | 3,5 | 56 | 90 | 329 | No | 515 | 3 | 36 | 135 | 20 |
| 32 | Hecho | 98 | 0,6 | 2,4 | 44 | 81 | 397 | No | 460 | 0,5 | 26 | 155 | 15 |
| 33 | No | 94 | 0,8 | 1,1 | 32 | 77 | 369 | Hecho | 475 | 18 | 33 | 125 | 25 |
| 34 | No | 91 | 0,4 | 2,4 | 60 | 80 | 410 | Hecho | 455 | 3 | 85 | 170 | 8 |
| 35 | Hecho | 90 | 1,6 | 2,6 | 26 | 68 | 379 | No | 435 | 8 | 53 | 70 | 28 |
| 36 | No | 98 | 2,8 | 2,0 | 48 | 76 | 346 | No | 480 | 2 | 46 | 215 | 10 |
| 37 | No | 93 | 0,7 | 3,6 | 52 | 89 | 394 | Hecho | 455 | 6 | 33 | 165 | 45 |
| 38 | Hecho | 96 | 0,3 | 1,6 | 39 | 60 | 356 | No | 465 | 5 | 23 | 140 | 2 |
| 39 | Hecho | 91 | 0,3 | 0,2 | 28 | 73 | 347 | No | 450 | 6 | 43 | 120 | 25 |
| 40 | No | 95 | 1,2 | 1,2 | 7 | 90 | 333 | No | 465 | 5 | 29 | 155 | 10 |
| 41 | No | 96 | 0,8 | 1,9 | 94 | 85 | 413 | Hecho | 435 | 9 | 46 | 115 | 27 |
| 42 | Hecho | 93 | 1,6 | 2,2 | 63 | 21 | 405 | Hecho | 440 | 8 | 55 | 170 | 15 |

(continuación)

| Condición de producción de cada material de prueba | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------------------|---|---|-----------------------|--|--------------------------|------------------|----------------------------|------------|----------|--|------------|
| Material de prueba | Forjado libre | Tasa de reducción total (%) | Velocidad de deformación (S ⁻¹) | Valor mínimo de la tasa de reducción por pase (%) | Número total de pases | Relación laminado inverso - total de pases (%) | Temperatura inicial (°C) | Laminado en frío | Tratamiento de la solución | | Templado | Tratamiento de envejecimiento artificial | |
| | | | | | | | | | Temperatura (°C) | Tiempo (h) | | Temperatura (°C) | Tiempo (h) |
| 43 | No | 94 | 2,0 | 2,9 | 45 | 68 | 256 | No | 475 | 3 | 27 | 140 | 20 |
| 44 | No | 92 | 1,1 | 3,3 | 49 | 59 | 468 | Hecho | 435 | 8 | 19 | 165 | 10 |

- 5 En los diversos materiales de prueba resultantes se midió a la resistencia a la tracción, el límite elástico del 0,2 % y el alargamiento a la rotura a temperatura ambiente; los resultados se muestran en la Tabla 4. Los procedimientos utilizados para medir la resistencia a la tracción, el límite elástico del 0,2 % y el alargamiento a la rotura se ajustaron a un procedimiento de prueba especificado en las Normas Industriales de Japón (JIS) como procedimiento de prueba de tracción para materiales metálicos, JIS N.º: JISZ2241). Las direcciones de tracción utilizadas para la prueba de tracción fueron tres direcciones en total: la dirección de 0 grados, la dirección de 45 grados y la dirección de 90 grados respecto a la dirección de laminado (la dirección de laminado longitudinal).
- 10 Además, las texturas se midieron en las siguientes etapas. Las piezas de prueba se obtuvieron de la siguiente manera. Se corta una porción central en la dirección de la anchura de cada uno de los materiales de prueba en forma de placa hasta obtener un tamaño de 25 mm de longitud y 25 mm de anchura. Estas porciones se recogieron, y se trabajaron en la cara, hasta que el grosor de su placa alcanza un segundo del grosor de la placa original, con su superficie perpendicular a la dirección del grosor que se utiliza como superficie de medición. Posteriormente, estas porciones se trituraron con papel de molienda SiC (ϕ 305 mm, grano 2400) fabricado por Marumoto Struers Kabushiki Kaisha.
- 15 Seguidamente, estas porciones se corroían, durante unos 10 segundos, con un líquido corrosivo que era una mezcla de ácido nítrico, ácido clorhídrico y fluoruro de hidrógeno. Como resultado, se prepararon piezas de prueba para la medición de figuras polares mediante reflectometría de rayos X. Se realizó una figura polar para cada una de las piezas de prueba obtenidas mediante reflectometría de rayos X, y se realizó un análisis de orientación tridimensional mediante un procedimiento de expansión en serie utilizando armónicos esféricos. De este modo, se determinó la
- 20 densidad de orientación de cada una de las orientaciones.

[Tabla 4]

| Densidad de orientación del cristal y propiedades mecánicas de cada material de prueba | | | | | | | | | | | | | Evaluación total | | | | | |
|--|---|----|----|----|----|----|----------------------|----|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------|
| Material de prueba | Densidad de orientación de cada orientación de cristal (relación aleatoria) | | | | | | Prueba de tracción | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Orientación 0 grados | | | Orientación 45 grados | | | | Orientación 90 grados | | | | |
| | B | S | Co | Cu | CR | Go | RW | P | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | |
| 23 | 25 | 20 | 16 | 4 | 2 | 1 | 2 | 1 | 752 | 721 | 12 | 698 | 666 | 14 | 740 | 710 | 11 | Buena |
| 24 | 18 | 22 | 27 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 763 | 731 | 12 | 705 | 685 | 13 | 755 | 721 | 12 | Buena |
| 25 | 16 | 20 | 25 | 5 | 1 | 3 | 3 | 4 | 748 | 718 | 10 | 680 | 653 | 12 | 735 | 703 | 11 | Buena |
| 26 | 23 | 19 | 15 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 721 | 692 | 10 | 653 | 622 | 13 | 711 | 680 | 10 | Buena |
| 27 | 15 | 10 | 6 | 3 | 1 | 4 | 2 | 3 | 643 | 582 | 15 | 503 | 453 | 23 | 630 | 571 | 14 | No buena |
| 28 | 13 | 12 | 10 | 4 | 3 | 5 | 4 | 2 | 625 | 573 | 13 | 477 | 425 | 20 | 621 | 559 | 11 | No buena |
| 29 | 35 | 32 | 28 | 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 782 | 743 | 10 | 721 | 703 | 12 | 769 | 723 | 11 | Buena |
| 30 | 15 | 18 | 22 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 634 | 592 | 9 | 553 | 498 | 11 | 631 | 593 | 8 | No buena |
| 31 | Disolución parcial ocurrida durante el tratamiento de la solución | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 32 | 24 | 20 | 14 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 621 | 583 | 9 | 542 | 483 | 10 | 603 | 571 | 9 | No buena |
| 33 | 4 | 4 | 7 | 12 | 4 | 10 | 2 | 14 | 581 | 555 | 16 | 441 | 415 | 24 | 572 | 548 | 13 | No buena |
| 34 | 16 | 22 | 24 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 633 | 602 | 8 | 531 | 493 | 10 | 623 | 586 | 7 | No buena |
| 35 | 23 | 21 | 16 | 5 | 5 | 7 | 3 | 3 | 644 | 611 | 13 | 542 | 511 | 14 | 640 | 593 | 12 | No buena |
| 36 | 21 | 18 | 15 | 4 | 5 | 6 | 4 | 3 | 651 | 618 | 12 | 531 | 500 | 11 | 633 | 602 | 10 | No buena |
| 37 | 12 | 18 | 23 | 3 | 6 | 4 | 2 | 4 | 642 | 608 | 11 | 529 | 493 | 13 | 653 | 616 | 10 | No buena |
| 38 | 23 | 19 | 16 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 633 | 594 | 13 | 543 | 483 | 13 | 644 | 601 | 12 | No buena |
| 39 | 8 | 9 | 7 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 573 | 549 | 14 | 450 | 416 | 21 | 562 | 544 | 13 | No buena |
| 40 | 4 | 5 | 8 | 13 | 5 | 4 | 18 | 10 | 589 | 543 | 11 | 453 | 402 | 17 | 595 | 532 | 12 | No buena |
| 41 | 6 | 4 | 3 | 5 | 3 | 2 | 8 | 3 | 591 | 552 | 10 | 462 | 411 | 15 | 583 | 546 | 10 | No buena |
| 42 | 8 | 6 | 4 | 14 | 2 | 5 | 8 | 13 | 582 | 534 | 12 | 453 | 419 | 18 | 577 | 530 | 12 | No buena |

(continuación)

| Densidad de orientación del cristal y propiedades mecánicas de cada material de prueba | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|----|----|----|----|--------------------|----|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Material de prueba | Densidad de orientación de cada orientación de cristal (relación aleatoria) | | | | | | Prueba de tracción | | | | | | Evaluación total | | | | | |
| | B | S | Co | Cu | CR | Go | RW | P | Orientación 0 grados | | | Orientación 45 grados | | | Orientación 90 grados | | | |
| | | | | | | | | | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) | Resistencia a la tracción (MPa) | Límite elástico 0,2 % (MPa) | Alargamiento a la rotura (%) |
| 43 | 4 | 3 | 5 | 16 | 3 | 5 | 11 | 8 | 571 | 543 | 13 | 443 | 429 | 20 | 582 | 540 | 12 | No buena |
| 44 | 5 | 5 | 6 | 13 | 2 | 6 | 10 | 10 | 586 | 532 | 10 | 452 | 411 | 18 | 573 | 529 | 11 | No buena |

* Los símbolos de las orientaciones del cristal en la tabla corresponden a las siguientes orientaciones del cristal. B: orientación de latón, S: orientación S, Co: orientación de cobre, Cu: orientación cúbica, CR: orientación CR, Go: orientación Goss, RW: orientación RW y P: orientación P.

Como se desprende del resultado en la Tabla 3 y la Tabla 4, los materiales de prueba 23 a 26 y 29 se obtuvieron mediante la adopción de diversas condiciones que se encuentran dentro del alcance del procedimiento de producción de la presente invención (es decir, condiciones de forjado, condiciones de laminado en caliente, condiciones de laminado en frío, condiciones de tratamiento en solución, condiciones de templado y condiciones de tratamiento de envejecimiento artificial), y todos los Materiales de prueba 23 a 26, y 29 mostraron excelentes propiedades en cuanto a resistencia a la tracción, límite elástico del 0,2 % y alargamiento a la rotura.

Por el contrario, en cuanto a los Materiales de prueba 27, 28, 33 y 39 a 44 obtenidos mediante la adopción de diversas condiciones que estaban fuera del alcance del procedimiento de producción de la presente invención (es decir, condiciones de forjado, condiciones de laminado en caliente, condiciones de laminado en frío, condiciones de tratamiento en solución, condiciones de templado y condiciones de tratamiento de envejecimiento artificial), las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. En consecuencia, la densidad de orientación de las orientaciones cristalinas y las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, límite elástico del 0,2 % y alargamiento a la rotura) estaban fuera del alcance de la presente invención. De modo alternativo, en cuanto a los Materiales de prueba 30, 32 y 34 a 38 obtenidos al adoptar varias condiciones que estaban fuera del alcance del procedimiento de producción de la presente invención, las propiedades mecánicas (resistencia a la tracción, límite elástico del 0,2 % y alargamiento a la rotura) estaban fuera del alcance de la presente invención. Además, como para el Material de prueba 31, la temperatura del tratamiento en solución estaba fuera del alcance de la presente invención, y se produjo una fusión parcial durante el tratamiento en solución; en consecuencia, no se pudo obtener un material de prueba para la evaluación.

Específicamente, como para el Material de prueba 27, debido a que la relación de reducción total fue inferior al 90 %, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas; por lo tanto, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.

En cuanto al Material de prueba 28, debido a que la velocidad de deformación en el laminado en caliente fue menor a $0,01 \text{ s}^{-1}$, las texturas no estaban suficientemente desarrolladas; por lo tanto, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.

En cuanto al Material de prueba 30, debido a que la temperatura del tratamiento en solución fue inferior a $400 \text{ }^\circ\text{C}$, la disolución no se logró de manera suficiente. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. El alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

En cuanto al Material de prueba 32, el tiempo del tratamiento en solución fue inferior a 1 hora, y la disolución no se logró de manera suficiente. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. El alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

En cuanto al Material de prueba 33, el tiempo del tratamiento en solución fue de 10 horas o más, y se produjo la recristalización. En consecuencia, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas y no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.

En cuanto al material de prueba 34, debido a que el material de prueba 34 no se enfrió a una temperatura de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ o inferior en un minuto durante el templado, no se logró la suficiente disolución. En consecuencia, la resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 90 grados fue inferior a 600 MPa. El alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

En cuanto al Material de prueba 35, debido a que la temperatura de envejecimiento artificial fue inferior a $80 \text{ }^\circ\text{C}$, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia aumentando la precipitación. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 90 grados fue inferior a 600 MPa.

En cuanto al Material de prueba 36, debido a que la temperatura de envejecimiento artificial fue superior a $180 \text{ }^\circ\text{C}$, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia aumentando la precipitación. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa. El alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados fue inferior al 12 %.

En cuanto al Material de prueba 37, debido a que el tiempo de envejecimiento artificial fue de más de 30 horas, se produce una precipitación gruesa. En consecuencia, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa.

- En cuanto al Material de prueba 38, debido a que el tiempo de envejecimiento artificial fue inferior a 5 horas, no se obtuvo el efecto de mejorar la resistencia aumentando la precipitación. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 grados fue inferior a 600 MPa.
- 5 En cuanto al Material de prueba 39, debido a que la relación de reducción en 1 pasada fue inferior al 1 %, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.
- 10 En cuanto al Material de prueba 40, debido a que el número total de pasadas de laminado fue inferior a 10 pasadas, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.
- 15 En cuanto al Material de prueba 41, debido a que el número total de pasadas de laminado fue superior a 70 pasadas, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.
- 20 En cuanto al Material de prueba 42, debido a que la relación entre el laminado inverso y el número de pasadas fue inferior al 50 %, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.
- En cuanto al Material de prueba 43, debido a que la temperatura inicial del laminado en caliente era inferior a 300 °C, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.
- 25 En cuanto al Material de prueba 44, debido a que la temperatura inicial del laminado en caliente era superior a 420 °C, las texturas no estaban lo suficientemente desarrolladas. La resistencia a la tracción en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 660 MPa, y el límite elástico del 0,2 % en cada una de las direcciones de 0 grados y de 90 grados fue inferior a 600 MPa. Se observó una gran anisotropía en el plano.

REIVINDICACIONES

1. Una placa de aleación de aluminio estructural que comprende:

- 5 de 7,0 % a 12,0 % en masa de Zn;
- de 1,5 % a 4,5 % en masa de Mg;
- de 1,0 % a 3,0 % en masa de Cu;
- de 0,05 % a 0,30 % en masa de Zr;
- de 0,005 % a 0,5 % en masa de Ti,
- 0,5 % o menor en masa de Si;
- 10 0,5 % o menor en masa de Fe;
- 0,3 % o menor en masa de Mn;
- 0,3 % o menor en masa de Cr; y

Siendo el resto aluminio e impurezas inevitables,

en la que la placa de aleación de aluminio estructural comprende una textura en la que

- 15 una densidad de orientación de al menos una orientación cristalina de tres orientaciones cristalinas, que son la orientación de latón, la orientación S y la orientación de cobre, es 20 o más en una proporción aleatoria, y las densidades de orientación de las cinco orientaciones cristalinas, que son la orientación cúbica, la orientación CR, la orientación Goss, la orientación RW y la orientación P, son 10 o menor en relación aleatoria, y

en la que la placa de aleación de aluminio estructural comprende

- 20 una resistencia a la tracción de 660 MPa o más y un límite elástico del 0,2 % de 600 MPa o más en cada una de una dirección de 0 grados y una dirección de 90 grados con respecto a una dirección longitudinal de laminado;
- un alargamiento a la rotura en cada una de una dirección de 0 grados y una dirección de 90 grados que es del 70 % o más de un alargamiento a la rotura en una dirección de 45 grados con respecto a la dirección longitudinal de laminado;
- 25 una resistencia a la tracción en la dirección de 45 grados que es del 80 % o más de la resistencia a la tracción en la dirección de 0 grados, y un límite elástico del 0,2 % en la dirección de 45 grados que es del 80 % o más del límite elástico del 0,2 % en la dirección de 0 grados; y
- el alargamiento a la rotura en la dirección de 45 grados es 12 % o más.

2. Un procedimiento de producción de una placa de aleación de aluminio estructural, comprendiendo la placa de aleación de aluminio estructural de 7,0 % a 12,0 % en masa de Zn, de 1,5 % a 4,5 % en masa de Mg, de 1,0 % a 3,0 % en masa de Cu, de 0,05 % a 0,30 % en masa de Zr, de 0,005 % a 0,5 % en masa de Ti, 0,5 % o menor en masa de Si, 0,5 % o menor en masa de Fe, 0,3 % o menor en masa de Mn, 0,3 % o menor en masa de Cr, siendo el resto aluminio e impurezas inevitables, comprendiendo el procedimiento de producción de la placa de aleación de aluminio estructural:

- 35 el laminado en caliente en condiciones en las que una relación de reducción total es del 90 % o superior, una velocidad de deformación es de 0,01 s⁻¹ o más, una relación de reducción en 1 pasada es del 1 % o más, un número total de pasadas de laminado es de 10 pasadas a 70 pasadas, en las que el 50 % o más del número total de pasadas de laminado es de laminado inverso y la temperatura inicial es de 300 °C a 420 °C;
- después del laminado en caliente, el tratamiento en solución a una temperatura de 400 °C a 480 °C durante 1 hora a 10 horas;
- 40 después del tratamiento en solución, templado para enfriar a una temperatura de 90 °C o inferior en un minuto; y después del templado, envejecimiento artificial a una temperatura de 80 °C a 180 °C durante 5 horas a 30 horas.

3. El procedimiento de producción de la placa de aleación de aluminio estructural de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además un laminado en frío entre el laminado en caliente y el tratamiento en solución.

- 45 4. El procedimiento de producción de la placa de aleación de aluminio estructural de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, que comprende además el forjado libre antes del laminado en caliente.