

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 223**

51 Int. Cl.:

B22D 19/14 (2006.01)

G21F 5/005 (2006.01)

G21F 9/36 (2006.01)

B22D 31/00 (2006.01)

G21F 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.05.2013 PCT/JP2013/063306**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13175988**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.05.2013 E 13793652 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.08.2020 EP 2859970**

54 Título: **Método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro**

30 Prioridad:

24.05.2012 JP 2012118567

23.01.2013 JP 2013010054

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

15.04.2021

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome Chuo-ku
Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**ISHIDA, HITOSHI;
WADA, RYUTARO y
NATSUME, YUKINOBU**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 819 223 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

Método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro

5 La presente invención se refiere a un método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro. De aquí en adelante, el boro puede denominarse "B".

10 Recientemente, existe una demanda creciente de almacenamiento provisional de combustible gastado (de aquí en adelante, "CG") en una central nuclear. Además, en una tendencia reciente, el almacenamiento provisional de CG se desplaza del almacenamiento húmedo (almacenamiento en agua) al almacenamiento seco (almacenamiento con refrigeración por aire). En consecuencia, el CG muestra un valor calorífico más alto y una mayor densidad de formación de neutrones que en el pasado. Por lo tanto, también se requiere que el material de placa de aluminio que contiene boro para formar un barril o un bidón como contenedor de almacenamiento de CG tenga un contenido de boro más alto que en el pasado.

15 Se ha utilizado un procedimiento de fusión y colada para la fabricación aleaciones de aluminio que contienen boro. El procedimiento de fusión y colada incluye un procedimiento en el que el boro en polvo se mezcla con un metal de aleación de aluminio que a continuación se funde y se cuela (de aquí en adelante, referido como "primer procedimiento de fusión y colada"), y un procedimiento en el que un fluoruro de boro como KBF_4 y un catalizador se mezclan en aluminio fundido para producir una aleación intermedia de aluminio-boro que a continuación se cuela mientras se ajusta la concentración de boro (de aquí en adelante, referido como "último procedimiento de fusión y colada"). El lingote fundido de esta manera se forma en un material de placa mediante laminación o extrusión.

20 En el primer procedimiento de fusión y colada, se forman diversos compuestos de boro en la aleación de aluminio-boro mediante cristalización y precipitación, lo que conduce a la degradación de la viabilidad. Además, los diversos compuestos de boro formados se asientan o emergen dependiendo de sus densidades específicas diferentes entre sí, lo que da como resultado una distribución de boro no uniforme (es decir, segregación). Como resultado, se produce una parte que tiene una concentración de boro baja con respecto a la cantidad de boro añadido, de modo que la concentración de boro realmente alcanzable tiene un límite superior de aproximadamente 1% en masa.

25 El último procedimiento de fusión y colada requiere inevitablemente boro (boro enriquecido) que tiene una mayor concentración de isótopo de boro con un número másico de 10 (de aquí en adelante, referido como "B-10") que tiene un poder de absorción de neutrones térmicos. Sin embargo, dicho boro enriquecido es extremadamente costoso, lo que genera un problema de costes.

30 Además, se han propuesto las siguientes técnicas.

35 Se describe una técnica para la fabricación un material de aleación de aluminio, en la que se produce polvo de aleación de aluminio que contiene de 0,5% en masa a 5% en masa de boro, se forma un material compacto a partir del polvo de aleación de aluminio, y el material compacto se funde y se vacía en el material de aleación aluminio (véase BPT 1). El uso de esta técnica conduce definitivamente a una distribución uniforme del boro ya que el polvo incluye partículas pequeñas.

40 Además, se describe un material compuesto a base de aluminio que incluye una estructura de cerámica que contiene una matriz de aluminio o aleación de aluminio y un material que absorbe neutrones, como compuesto de boro, y una técnica para la fabricación el material compuesto a base de aluminio (véase BPT 2). La estructura de cerámica descrita en BPT 2 está configurada como una preforma porosa producida de tal manera que se prepara una suspensión espesa mezclando bigotes o fibra corta de borato de aluminio como material cerámico, partículas de compuesto de boro y similares, la suspensión espesa se deshidrata y presuriza, y la suspensión espesa presurizada se sinteriza para proporcionar la preforma porosa. El material compuesto a base de aluminio se fabrica impregnando en gran medida la estructura cerámica formada como preforma porosa con aluminio fundido o aleación de aluminio fundido, y colando y solidificando tal metal fundido en una forma de matriz.

45 Adicionalmente, el documento US 3 864 154 A describe una composición de cerámica-metal que consiste en un metal impregnado en un material compacto cerámico poroso por infiltración, seleccionado del grupo que consiste en $\text{SiB}_6\text{-Al}$, $\text{AlB}_{12}\text{-Al}$, $\text{AlB}_{12}\text{-Si}$, B-Al , $\text{AlB}_{12}\text{-B-Al}$. El documento FR 2 533 943 A1 describe un procedimiento para la producción de aleaciones compuestas a base de aluminio que contienen hasta 30% en peso de boro, caracterizado porque se utiliza el aluminio o cualquiera de sus aleaciones que forman parte de las series 2000 a 8000 en estado líquido, un boruro de aluminio que es AlB_2 o AlB_{12} o una mezcla de los mismos se introduce en el baño metálico protegido en su superficie por un fundente desoxidante y se mantiene en estado de agitación a una velocidad controlada para mantener dicho baño por encima de su temperatura de solidificación.

BPT 1: Patente Japonesa Núm. 3207840.

BPT 2: Publicación de Solicitud de Patente Japonesa No Examinada Núm. 2003-121590.

Sin embargo, las técnicas descritas en BPT 1 y BPT 2 también tienen los siguientes problemas.

Específicamente, en la técnica descrita en BPT 1, el boro se distribuye definitivamente de manera uniforme en el polvo debido a las pequeñas partículas de polvo. Sin embargo, dado que el material compacto formado por el polvo se produce mediante la fusión y colada del polvo, el boro tampoco se distribuye de manera uniforme en el material compacto debido a la agregación/engrosamiento o sedimentación/afloramiento de las partículas del compuesto de boro y, por lo tanto, se produce la segregación de boro en el material, lo que conduce a la posibilidad de una potencia de absorción de neutrones insuficiente.

En la técnica descrita en BPT 2, aunque se describe que el boro o un compuesto de boro tal como el nitruro de boro y el óxido de boro se pueden utilizar como material absorbente de neutrones, el carburo de boro (B_4C) se recomienda industrialmente considerando que el carburo de boro tiene un alto contenido de boro con un excelente poder de absorción de neutrones y es estable incluso a altas temperaturas. Sin embargo, B_4C se usa costosamente. Aunque se describe adicionalmente que la colada no presurizada se puede utilizar como método para impregnar la estructura cerámica configurada como preforma porosa con aluminio, el aluminio fundido penetra insuficientemente en cada espacio entre las partículas de compuesto de boro contenidas en la estructura cerámica, lo que lleva a la formación de defectos tales como huecos en el compuesto después de la colada. Por tanto, se debe utilizar realmente un procedimiento de colada a alta presión para producir un compuesto útil después de la colada. Sin embargo, con el fin de fabricar un material compuesto a base de aluminio grande, tal como un barril o una cesta que se utiliza en el barril mediante el procedimiento de colada a alta presión, se requiere una máquina a gran escala tal como una prensa de alta presión grande para obtener penetración uniforme de aluminio fundido en cada espacio entre las partículas del compuesto de boro.

Un objeto de la invención es proporcionar un método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro, que asegura un alto contenido de boro que tiene el poder de absorción de neutrones, y permite que se logre una distribución uniforme de boro en un plano de placa a bajo coste mientras que se utilizan partículas de la aleación que contiene boro naturales y económicas (de aquí en adelante, simplemente denominadas "partículas de aleación que contiene boro").

Para lograr el objeto, según la reivindicación 1 de la invención, se proporciona un método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro, estando caracterizado el método por comprender:

- una etapa de difusión de partículas de la aleación que contiene boro que contiene partículas de boruro con un contenido de boro del 5% en masa o más en forma de capa sobre una placa inferior de aluminio o aleación de aluminio colocada en un contenedor,
- las partículas de boruro incluyen las primeras partículas de boruro que tienen un contenido de boro de 60% en masa o más y las segundas partículas de boruro que tienen un contenido de boro de 5% en masa a menos de 60% en masa,
- incluyendo dichas primeras partículas de boruro al menos una seleccionada del grupo que consiste en AlB_{12} , CaB_6 y SiB_6 ,
- incluyendo dichas segundas partículas de boruro al menos una seleccionada del grupo que consiste en FeB , MnB_2 , Fe_2B y AlB_2 ,
- en donde la proporción de las primeras partículas de boruro en las partículas de boruro es de 50% en masa o más;
- una etapa de precalentamiento de montaje de un distribuidor para controlar la cantidad de vertido en la parte superior del recipiente después de la etapa de difusión, y precalentamiento del recipiente y el distribuidor juntos de 300°C a 500°C;
- una etapa de colado para formar la capa de envuelta mediante colada de las partículas de la aleación que contiene boro en el recipiente precalentado en la etapa de precalentamiento con aluminio fundido o aleación de aluminio fundido (de aquí en adelante, referido como "Al fundido") vertiendo el Al fundido de 580°C a 900°C en el distribuidor precalentado en la etapa de precalentamiento para la fabricación una placa envuelta mediante colada con un espesor predeterminado; y
- una etapa de corte para cortar las cavidades de contracción formadas en una sección del alimentador en la parte superior de la placa envuelta mediante colada fabricada en la etapa de colado.

Según la reivindicación 2 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza porque el diámetro de partícula de las partículas de la aleación que contiene boro es de 15 mm o menos (sin incluir el cero).

Según la reivindicación 3 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza porque la aleación de aluminio fundido es una aleación de aluminio colada que incluye al menos una seleccionada del grupo que consiste en una aleación de Al-Si, una aleación de Al-Cu y una aleación de Al-Mg.

Según la reivindicación 4 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza porque el espesor total de la placa envuelta mediante colada después de la etapa de corte (en adelante, "espesor total de la placa envuelta mediante colada") es de 5 mm a 50 mm, el espesor de la placa inferior es de 1/5 a 1/3 del total. El espesor de la placa envuelta mediante colada y el espesor de la capa de la partícula de aleación que contiene boro

es de 1/3 a 3/5 del espesor total de la placa envuelta mediante colada.

Según la reivindicación 5 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza por tener adicionalmente

5 una etapa de ajuste del espesor de la placa para ajustar el espesor de la placa mediante refrentado o forjado después de la etapa de corte.

Según la reivindicación 6 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza por tener adicionalmente

10 una etapa de laminación para producir una placa envuelta mediante colada que tiene un espesor adicional pequeño después de la etapa de corte.

Según la reivindicación 7 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza por tener adicionalmente

15 una etapa de laminación para producir un material de matriz que tiene una forma predeterminada después de la etapa de corte.

Según la reivindicación 8 de la invención, el método según la reivindicación 1 se caracteriza por tener adicionalmente

20 una etapa de prensado para producir un material de forja que tiene una forma predeterminada después de la etapa de corte.

Como se describió anteriormente, el método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro de acuerdo con la invención se caracteriza por tener una etapa de dispersión de partículas de la aleación que contiene boro que contiene partículas de boruro que tienen un contenido de boro de 5% en masa o más en forma de capa sobre una placa inferior de aluminio o aleación de aluminio colocada en un contenedor, una etapa de precalentamiento para montar un distribuidor para controlar la cantidad de vertido en la parte superior del contenedor después de la etapa de difusión, y precalentar tanto el contenedor como el distribuidor de 300°C a 500°C, una etapa de colado de formación de la capa de envuelta mediante colada de las partículas de la aleación que contiene boro en el recipiente precalentado en la etapa de precalentamiento con Al fundido vertiendo el Al fundido de 580 a 900°C en el distribuidor precalentada en la etapa de precalentamiento para la fabricación una placa envuelta mediante colada con un espesor predeterminado, y una etapa de corte para cortar las cavidades de contracción formadas en una sección del alimentador en la parte superior de la placa envuelta mediante colada fabricada en la etapa de colado.

35 En consecuencia, el método asegura un alto contenido de boro que tiene el poder de absorción de neutrones y permite lograr una distribución uniforme de boro en un plano de placa a bajo coste mientras se utilizan partículas de la aleación que contiene boro económicas.

40 La Fig. 1 es un diagrama esquemático para explicar, en forma de serie temporal, un método de fabricación de un material de placa de aluminio que contiene boro según una realización de la invención.

A continuación, la invención se describe en detalle con realizaciones ilustrativas.

45 **(Configuración del método de fabricación de material de placa de aluminio que contiene boro según la invención)**

El método de fabricación de un material en placa de aluminio que contiene boro según la invención se caracteriza por tener

50 una etapa de difusión de partículas de la aleación que contiene boro que contiene partículas de boruro con un contenido de boro de 5% en masa o más en forma de capa sobre una placa inferior de aluminio o aleación de aluminio colocada en un contenedor,

55 una etapa de precalentamiento de montaje de un distribuidor para controlar la cantidad de vertido en la parte superior del recipiente después de la etapa de difusión, y precalentamiento del recipiente y el distribuidor juntos de 300°C a 500°C,

una etapa de colado de formación de la capa de envuelta mediante colada de las partículas de la aleación que contiene boro en el recipiente precalentado en la etapa de precalentamiento con Al fundido vertiendo el Al fundido de 580°C a 900°C en el distribuidor precalentado en la etapa de precalentamiento para la fabricación una placa envuelta mediante colada con un espesor predeterminado, y

60 una etapa de corte para cortar las cavidades de contracción formadas en una sección del alimentador en la parte superior de la placa envuelta mediante colada fabricada en la etapa de colado.

De acuerdo con tal configuración, la invención asegura un alto contenido de boro que tiene el poder de absorción de neutrones y permite lograr una distribución uniforme de boro a bajo coste mientras se utilizan partículas de la

aleación que contiene boro económicas.

Ahora se describen los detalles que conducen a tal configuración.

5 Los autores de la presente invención han realizado un estudio serio sobre cómo asegurar un alto contenido de boro que tiene el poder de absorción de neutrones y lograr una distribución uniforme de boro en un plano de placa a bajo coste mientras se utilizan partículas de la aleación que contiene boro económicas.

10 Como resultado, los autores de la presente invención han descubierto que el objeto se puede lograr mediante un método que tiene la etapa de difusión, la etapa de precalentamiento, la etapa de colado y la etapa de corte (en detalle, véase la Fig. 1 descrita más adelante).

15 El método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro según la invención se describe ahora con referencia al dibujo.

20 La Fig. 1 es un diagrama esquemático para explicar, en forma de serie temporal, un procedimiento de un método de fabricación de un material de placa de aluminio que contiene boro de acuerdo con una realización de la invención, donde (a) es una vista que ilustra una etapa de difusión de partículas de la aleación que contiene boro 3 en forma de capa sobre una placa inferior 2 de aluminio o aleación de aluminio colocada en un contenedor 1, (b) incluye vistas que ilustran una etapa de precalentamiento de colocación del recipiente 1 después de la etapa de difusión ilustrada en (a) en un horno eléctrico 4 (se proporciona un calentador 5 en cada cara lateral del horno eléctrico 4), montaje de un distribuidor 6 para controlar la cantidad de vertido en la parte superior del recipiente 1, recubrimiento del recipiente 1 con una tapa 8 con una puerta 7, y precalentamiento del recipiente 1 y el distribuidor 6 juntos de 300°C a 500°C, (c) es una vista que ilustra una etapa de colado para formar la capa de envuelta mediante colada de las partículas de la aleación que contiene boro 3 en el recipiente 1 precalentado en la etapa de precalentamiento con Al 10 fundido vertiendo el Al 10 fundido de 580°C a 900°C desde un cucharón 9 en el distribuidor 6 precalentado en la etapa de precalentamiento para la fabricación una placa envuelta mediante colada ("una placa que tiene una forma ilustrada en una vista superior de la Fig. 1 (d) extraída del recipiente 1 después de la colada y solidificación (enfriamiento)" descrita en detalle más adelante) 14 con un espesor predeterminado, y (d) incluye vistas que ilustran una etapa de corte para cortar las cavidades de contracción 13 formadas en una sección del alimentador 12 en la parte superior de la placa 14 de colada de envuelta fabricada en la etapa de colado ilustrada en (c).

35 En la Fig. 1(a), las partículas de la aleación que contiene boro natural que no está sometido a actividad de enriquecimiento se utilizan como partículas de la aleación que contiene boro 3. El boro natural contiene por tanto B-10 en una proporción de abundancia natural de aproximadamente 20%. Teniendo en cuenta que se pretende asegurar una concentración de B-10 igual o superior a la de B-10 contenida en un material de placa de aluminio que contiene boro producido por un método de fabricación tradicional, las partículas de la aleación que contiene boro 3 deben contener partículas de boruro que tienen el poder de absorción de neutrones y que tienen un contenido de boro de 5% en masa o más.

40 Específicamente, las partículas de boruro incluyen las primeras partículas de boruro que tienen un alto contenido de B-10 (es decir, que tienen un contenido de boro de 60% en masa o más) y las segundas partículas de boruro que tienen un contenido de B-10 más bajo que el de las primeras partículas de boruro (es decir, que tienen un contenido de boro de 5% en masa a menos de 60% en masa).

45 Específicamente, las partículas que incluyen al menos una seleccionada del grupo que consiste en AlB_{12} , CaB_6 y SiB_6 se utilizan como primeras partículas de boruro. Además, las partículas que incluyen al menos una seleccionada del grupo que consiste en FeB , MnB_2 , Fe_2B y AlB_2 se utilizan como segundas partículas de boruro. Aunque se forman varias partículas de impurezas inevitables dependiendo de la selección de cada una de las primeras y segundas partículas de boruro, la cantidad de partículas de impurezas inevitables se controla preferiblemente para que sea de 10% en masa o menos. Los ejemplos de las inevitables partículas de impurezas incluyen partículas de boruro compuesto tales como Mn_2AlB_2 , partículas de óxido tales como Al_2O_3 , MnO_2 , FeO , B_2O_3 , CaO y SiO_2 , y similares.

55 Una pequeña cantidad de partículas B_4C pueden estar contenidas como las primeras partículas de boruro en la medida en que la humectabilidad de la aleación de aluminio que se debe verter como material de aluminio que contiene boro no se vea afectada adversamente.

60 El uso de la configuración descrita anteriormente de las partículas de la aleación que contiene boro 3 aumenta el contenido de B-10 del material de aluminio que contiene boro principalmente debido a las primeras partículas de boruro y subsidiariamente debido a las segundas partículas de boruro. El uso de la configuración descrita anteriormente proporciona el poder de absorción de neutrones del material de aluminio que contiene boro principalmente debido a las primeras partículas de boruro y subsidiariamente debido a las segundas partículas de

boruro. Desde el punto de vista de la mejora de la capacidad de absorción de neutrones del material de aluminio que contiene boro, la proporción de las primeras partículas de boruro en las partículas de la aleación que contiene boro 3 es preferiblemente del 50% en masa o más.

5 Dado que se puede utilizar una combinación apropiada de las primeras partículas de boruro y las segundas partículas de boruro como partículas de la aleación que contiene boro 3, se puede ajustar ampliamente el grado de poder de absorción de neutrones.

10 Son deseables partículas de cada uno de FeB o Fe₂B como aleación Fe-B, MnB₂ como aleación Mn-B, AlB₁₂ o AlB₂ como aleación Al-B, CaB₆ como aleación Ca-B, y SiB₆ como aleación Si-B, correspondiendo las partículas a las partículas de boruro contenidas por las partículas de la aleación que contiene boro 3, por tener un punto de fusión más alto que la aleación de aluminio que se debe verter (el Al 10 fundido ilustrado en la Fig.1(c) descrito en detalle más adelante), y para evitar que las partículas de la aleación que contiene boro 3 se fundan durante la colada. Cada una de estas aleaciones que contienen boro puede ser no solo una aleación binaria sino también una aleación ternaria o superior. El límite inferior de concentración de boro en cada aleación es de 5% en masa de B, que es necesario para asegurar una concentración igual o superior a la concentración de B-10 proporcionada por un procedimiento tradicional. El límite superior de la concentración de boro es de 70% en masa de B considerando la aleación que contiene boro realmente disponible. Se prefieren las partículas de la aleación que contiene boro 3 porque tienen una excelente humectabilidad con el Al 10 fundido, de modo que el Al 10 fundido penetra fácilmente en cada espacio entre las partículas de aleación que contiene boro. La aleación que contiene boro se ha ofrecido comercialmente para fabricación de acero aleado, y preferiblemente está disponible a bajo coste en comparación con el carburo de boro (B₄C).

25 Un diámetro de partícula utilizable de las partículas de la aleación que contiene boro 3 es de 15 mm o menos (sin incluir el cero).

El diámetro de las partículas se mide mediante un método de dispersión por difracción láser. En el caso de las partículas de la aleación que contiene boro 3 que tienen un diámetro de partícula de menos de 5 mm (sin incluir el cero), es menos probable que el Al 10 fundido penetre en cada espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3 y las partículas de la aleación que contiene boro 3 se agitan fácilmente mediante el flujo de colada. Por lo tanto, es más preferido que las partículas de la aleación que contiene boro 3 se formen en una preforma similar a una placa muy cargada con un aglutinante o mediante sinterización para formar una capa uniforme de las partículas de la aleación que contiene boro 3. Las partículas de la aleación que contiene boro que tienen un diámetro de partícula de 5 mm a 15 mm son las más preferidas, ya que incluso si dichas partículas de la aleación que contiene boro 3 están simplemente dispuestas en forma de capa, el Al 10 fundido penetra fácilmente en el espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3, y el 95% o más de los espacios entre las partículas de la aleación que contiene boro 3 pueden llenarse con el Al 10 fundido. En caso de utilizar las partículas de la aleación que contiene boro 3 con un diámetro de partícula de más de 15 mm, la placa envuelta mediante colada 15 (ilustrada en una vista inferior de la Fig.1(d) descrita en detalle más adelante) después de cortar las cavidades de contracción 13 tiene un espesor extremadamente grande y, por lo tanto, no es adecuada como material para un barril o un bidón.

40 En la Fig. 1(b), la razón para utilizar el distribuidor 6 es permitir que el Al 10 fundido se vierta uniformemente sobre las partículas de la aleación que contiene boro 3 difundidas en forma de capa sobre la placa inferior 2. Esto elimina la falta de uniformidad causada por la colada. El recipiente 1 y el distribuidor 6 se precalientan juntos entre 300°C y 500°C. Esto se debe a que el Al 10 fundido se solidifica inmediatamente después de verterlo a una temperatura de precalentamiento inferior a 300°C, de modo que el Al 10 fundido no puede penetrar suficientemente en cada espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3. Además, aunque el Al 10 fundido puede penetrar suficientemente en cada espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3 a una temperatura de precalentamiento de 300°C o superior, una temperatura de precalentamiento superior a 500°C conduce a la degradación de la operatividad durante la fabricación de un material de placa grande.

50 En la Figura 1(c), el Al 10 fundido tiene una temperatura de 580°C a 900°C. Esto se debe a que, dado que la aleación de Al-Si tiene un punto de fusión más bajo de 580°C, el Al 10 fundido se solidifica inmediatamente después de verterse a menos de 580°C, de modo que el Al 10 fundido no puede penetrar en cada espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3. Aunque el Al 10 fundido puede penetrar en el espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3 a 580°C o más, la temperatura del Al 10 fundido es en realidad preferiblemente 900°C o más baja considerando que se utiliza el equipo de fusión normal para colada de aleaciones de aluminio. Se puede utilizar una aleación de aluminio colado que incluya al menos una seleccionada entre la aleación de Al-Si, la aleación de Al-Cu y la aleación de Al-Mg como aleación de aluminio fundido que es el Al10 fundido. Se prefiere tal aleación de aluminio colado para la colada de una placa delgada debido a su excelente penetrabilidad en el espacio entre las partículas de la aleación que contiene boro 3. En particular, la aleación de Al-Si es más preferida para la colada de una placa delgada ya que la aleación de Al-Si fundida tiene una excelente propiedad de flujo o fluidez.

Durante la solidificación del Al 10 fundido, las cavidades de contracción 13 (ilustradas en la vista superior de la Fig. 1 (d)) se forman necesariamente debido a la contracción por solidificación. Por lo tanto, el material de placa se fabrica

de tal manera que la capa de las partículas de la aleación que contiene boro 3 es envuelta mediante colada con el Al 10 fundido vertiendo (alimentando) el Al 10 fundido en la cantidad correspondiente a un espesor de aproximadamente 10 mm a 15 mm más grande que el espesor total (espesor total de la placa envuelta mediante colada) de la placa envuelta mediante colada 15 (ilustrada en la vista inferior de la Fig.1(d)) después de cortar las cavidades de contracción 13, de modo que la placa envuelta mediante colada 14 que tiene un espesor predeterminado como se ilustra en la vista superior de la Fig. 1(d) se produce después de la etapa de colado.

En la Fig. 1(d), el espesor total de la placa envuelta mediante colada 15 después de cortar las cavidades de contracción 13 es deseablemente de 5 mm a 50 mm, formándose las cavidades de contracción 13 en la sección de alimentación 12 en la parte superior de la placa envuelta mediante colada 14 fabricada en la etapa de colado ilustrada en la Fig. 1(c). Esto se debe a que la resistencia del material es insuficiente con un espesor de placa de menos de 5 mm, y un espesor de placa de más de 50 mm es demasiado grande en el diseño del barril o bidón.

El espesor de la capa de las partículas de la aleación que contiene boro 3 es deseablemente de 1/3 a 3/5 del espesor total de la placa envuelta mediante colada 15. Esto se debe a que el espesor de menos de 1/3 del espesor total da como resultado una baja concentración total de boro de la placa envuelta mediante colada 15, y así evita que se mantenga la concentración de boro del 5% en masa o más. Además, el espesor de más de 3/5 del mismo da como resultado una porción delgada de aleación de aluminio (una porción 11 del Al 10 fundido solidificado) que envuelve la capa de las partículas de la aleación que contiene boro 3, lo que conduce a una resistencia insuficiente del material de la placa envuelta mediante colada 15.

El espesor de la placa inferior 2 es deseablemente de 1/5 a 1/3 del espesor total de la placa envuelta mediante colada 15. Esto se debe a que el espesor de menos de 1/5 del espesor total da como resultado una resistencia insuficiente del material de la placa envuelta mediante colada 15. Además, el espesor de más de 1/3 del mismo da como resultado un pequeño espesor de la capa de las partículas de la aleación que contiene boro 3 con respecto al espesor total de la placa envuelta mediante colada 15, lo que conduce a una baja concentración total de boro de la placa envuelta mediante colada 15. Dado que se puede usar la placa inferior 2 que tiene una superficie plana y lisa, el espesor total de la placa envuelta mediante colada 14 después de la solidificación del Al 10 fundido se puede controlar fácilmente.

Se proporciona una etapa de ajuste del espesor de la placa para ajustar el espesor de la placa mediante refrentado después de la etapa de corte para cortar las cavidades de contracción 13 ilustradas en la Fig.1 (d), por lo que se puede fabricar un producto final con un espesor predeterminado mientras se eliminan las irregularidades que quedan en una superficie de la placa envuelta mediante colada 15. Se proporciona una etapa de ajuste del espesor de la placa para ajustar el espesor de la placa mediante forjado después de la etapa de corte para cortar las cavidades de contracción 13 ilustradas en la Fig.1(d), por lo que se puede fabricar un producto final grande sin equipo a gran escala, tal como una prensa grande.

Se proporciona una etapa de laminación después de la etapa de corte para cortar las cavidades de contracción 13 ilustradas en la Fig.1(d), por medio de lo cual una se puede fabricar placa envuelta mediante colada que tiene un espesor más pequeño o un material de matriz que tiene una forma predeterminada (por ejemplo, un material de matriz tal como un ángulo que tiene una forma simple).

Se proporciona una etapa de prensado después de la etapa de corte para cortar las cavidades de contracción 13 ilustradas en la Fig. 1(d), por medio de lo cual se puede producir un material de forja que tiene una forma predeterminada.

Primera realización (no dentro del alcance de la presente invención)

Se hace ahora una descripción detallada de una primera realización a la que se aplicó el método de fabricación del material de placa de aluminio que contiene boro de acuerdo con la invención, como se ilustra en la Fig. 1.

Condiciones de fabricación

Recipiente 1: recipiente de grafito de 100 mm de profundidad, 200 mm de ancho y 70 mm de alto (dimensión interior de cada).

Distribuidor 6: 120 mm de profundidad, 220 mm de ancho y 70 mm de alto.

Placa inferior 2: placa de aluminio puro de 3 mm de espesor.

Partículas de aleación que contiene boro 3: aleación de Fe con B al 20% en masa de 1 mm de diámetro de partícula.

Capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: las partículas de la aleación que contiene boro 3 se preforman en forma de capa con un aglutinante inorgánico para formar una placa de 4 mm de espesor, y la placa se coloca sobre la placa inferior 2.

Tasa de llenado de partículas de la capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: 65%.

Al 10 fundido: aleación de Al con Si al 13% en masa fundido a 750°C.

Temperatura de precalentamiento del recipiente 1 y distribuidor 6: 500°C. Corte de cavidades de contracción 13: refrentado.

5 La placa envuelta mediante colada 15 preparada según las condiciones de fabricación descritas anteriormente tenía un espesor total de 10 mm y una concentración total de boro de 5,2% en masa.

Segunda realización (no dentro del alcance de la presente invención)

10 Al igual que con la primera realización, el método de fabricación del material de placa de aluminio que contiene boro según la invención, como se ilustra en la Fig. 1, se aplicó a una segunda realización. En la segunda realización, solo se describen en detalle condiciones de fabricación diferentes a las descritas en la primera realización.

Condiciones de fabricación

15 Placa inferior 2: placa de aluminio puro de 4 mm de espesor.
Partículas de aleación que contiene boro 3: aleación de Fe-B al 20% en masa de partículas de 4 mm de diámetro.
Capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: las partículas de la aleación que contiene boro 3 se preforman en forma de capa con un aglutinante inorgánico para formar una placa de 10 mm de espesor, y la placa se coloca en la placa inferior 2.
20 Tasa de llenado de partículas de la capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: 55%.

La placa envuelta mediante colada 15 preparada de acuerdo con las condiciones de fabricación descritas anteriormente tenía un espesor total de 19 mm y una concentración total de boro de 5,8% en masa.

25 **Tercera realización (no dentro del alcance de la presente invención)**

Al igual que con la primera realización, el método de fabricación del material de placa de aluminio que contiene boro según la invención como se ilustra en la Fig. 1 se aplicó a una tercera realización. En la tercera realización, solo se describen en detalle condiciones de fabricación diferentes de las descritas en la primera realización.

30 **Condiciones de fabricación**

Placa inferior 2: placa de aluminio puro de 4 mm de espesor.
35 Partículas de aleación que contiene boro 3: aleación de Fe-B al 20% en masa de partículas de 9 mm de diámetro.
Capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: las partículas de la aleación que contiene boro 3 correspondientes a una capa se difunden sobre la placa inferior 2.
Tasa de llenado de partículas de la capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: 50%.

40 La placa envuelta mediante colada 15 preparada según las condiciones de fabricación descritas anteriormente tenía un espesor total de 17 mm y una concentración total de boro de 5,3% en masa.

Cuarta realización

45 Al igual que con la primera realización, el método de fabricación del material de placa de aluminio que contiene boro según la invención, como se ilustra en la Fig. 1, se aplicó a una cuarta realización. En la cuarta realización, solo se describen en detalle condiciones de fabricación diferentes de las descritas en la primera realización.

Condiciones de fabricación

50 Partículas de aleación que contiene boro 3: partículas de la aleación que contiene boro de 1 mm de diámetro (véase la siguiente Tabla 1).
Capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: las partículas de la aleación que contiene boro 3 se preforman en forma de capa con un aglutinante inorgánico para formar una placa de 4 mm de espesor, y la placa se coloca sobre la placa inferior 2.
55 Tasa de llenado de partículas de la capa de partículas de la aleación que contiene boro 3: 65%.

La placa envuelta mediante colada 15 preparada de acuerdo con las condiciones de fabricación descritas anteriormente tenía un espesor total de 10 mm y una concentración total de boro de 10% en masa, ya que las partículas de la aleación que contiene boro 3 mostradas en la Tabla 1 tenían una concentración total de boro de 60% en masa.
60

Tabla 1

Partículas de aleación que contiene boro 3				
Primeras partículas de boruro		Segundas partículas de boruro		Partículas de impurezas inevitables
AlB ₁₂	CaB ₆	MnB ₂	AlB ₂	Restantes
56,7	3,4	27,8	7,4	
% en masa				

5 Según la invención, se puede fabricar a bajo coste un material de placa de aluminio que contiene boro y que tiene un alto contenido de boro, que se utiliza para un depósito de almacenamiento provisional de combustible gastado en una central nuclear.

Lista de signos de referencia

- 10 1 contenedor
- 2 placa inferior
- 3 partículas de aleación que contiene boro
- 4 horno eléctrico
- 5 calentador
- 6 distribuidor
- 15 7 puerta
- 8 tapa
- 9 cucharón
- 10 Al fundido
- 11 porción de Al 10 fundido solidificado
- 20 12 sección de alimentación
- 13 cavidades de contracción
- 14 placa envuelta mediante colada extraída del recipiente 1 después de la colada y solidificación (enfriamiento)
- 25 15 placa envuelta mediante colada después de cortar las cavidades de contracción 13.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para la fabricación un material de placa de aluminio que contiene boro, estando el método **caracterizado porque** comprende:
- una etapa de difusión de partículas de la aleación que contiene boro que contiene partículas de boro con un contenido de boro de 5% en masa o más en forma de capa sobre una placa inferior de aluminio o aleación de aluminio colocada en un contenedor,
- 10 las partículas de boruro incluyen las primeras partículas de boruro que tienen un contenido de boro de 60% en masa o más y las segundas partículas de boruro que tienen un contenido de boro de 5% en masa a menos de 60% en masa,
- incluyendo dichas primeras partículas de boruro al menos una seleccionada del grupo que consiste en AlB_{12} , CaB_6 y SiB_6 ,
- 15 incluyendo dichas segundas partículas de boruro al menos una seleccionada del grupo que consiste en FeB , MnB_2 , Fe_2B y AlB_2 ,
- en donde la proporción de las primeras partículas de boruro en las partículas de boruro es 50% en masa o más;
- una etapa de precalentamiento de montaje de un distribuidor para controlar la cantidad de vertido en la parte superior del recipiente después de la etapa de difusión, y precalentamiento del recipiente y el distribuidor
- 20 juntos de 300°C a 500°C;
- una etapa de colada de envuelta mediante colada de la capa de partículas de la aleación que contiene boro en el recipiente precalentado en la etapa de precalentamiento con aluminio fundido o aleación de aluminio fundido (de aquí en adelante, "Al fundido") vertiendo el Al fundido de 580°C a 900°C en el distribuidor precalentado en la etapa de precalentamiento para la fabricación una placa envuelta mediante colada con un
- 25 espesor predeterminado; y
- una etapa de corte para cortar las cavidades de contracción formadas en una sección del alimentador en la parte superior de la placa envuelta mediante colada fabricada en la etapa de colado.
- 30 2. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** el diámetro de partícula de las partículas de la aleación que contiene boro es de 15 mm o menos (sin incluir el cero).
3. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** la aleación de aluminio fundido es una aleación de aluminio colado que incluye al menos una seleccionada del grupo que consiste en una aleación de Al-Si, una aleación de Al-Cu y una aleación de Al-Mg.
- 35 4. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** el espesor total de la placa envuelta mediante colada después de la etapa de corte (en adelante, "espesor total de la placa envuelta mediante colada") es de 5 mm a 50 mm, el espesor de la placa inferior es de 1/5 a 1/3 del total. El espesor de la placa envuelta mediante colada y el espesor de la capa de las partículas de la aleación que contiene boro es de 1/3 a 3/5 del espesor total de la placa envuelta mediante colada.
- 40 5. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** tiene adicionalmente una etapa de ajuste del espesor de la placa para ajustar el espesor de la placa mediante refrentado o forjado después de la etapa de corte.
- 45 6. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** tiene adicionalmente una etapa de laminación para producir una placa envuelta mediante colada que tiene un espesor adicional pequeño después de la etapa de corte.
- 50 7. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** tiene adicionalmente una etapa de laminación para producir un material de matriz que tiene una forma predeterminada después de la etapa de corte.
- 55 8. El método para la fabricación el material de placa de aluminio que contiene boro según la reivindicación 1, estando el método **caracterizado porque** tiene adicionalmente una etapa de prensado para producir un material de forja que tiene una forma predeterminada después de la etapa de corte.
- 60

FIG. 1

