

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 285**

51 Int. Cl.:

B23K 1/00	(2006.01)
B23K 1/19	(2006.01)
B23K 35/363	(2006.01)
C22C 21/00	(2006.01)
C22F 1/04	(2006.01)
F28F 1/30	(2006.01)
F28F 21/08	(2006.01)
B23K 101/14	(2006.01)
B23K 103/10	(2006.01)
C22F 1/00	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.05.2011 PCT/JP2011/060729**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.12.2011 WO11148781**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2011 E 11786481 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2578344**

54 Título: **Método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio**

30 Prioridad:

25.05.2010 JP 2010119218

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

17.05.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**YAMASHITA NAOKI y
HISATOMI YUJI**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 668 285 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 producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio

5 ANTECEDENTES

La presente invención se refiere a un método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según el preámbulo de la reivindicación 1 (véase, por ejemplo, la patente JP-A-2009-58167). Para un intercambiador de calor de automoción (p.ej. un evaporador o condensador) se ha usado normalmente una aleación de aluminio debido a su peso reducido y excelente conductividad térmica. Este tipo de intercambiador de calor se ha producido normalmente aplicando un fundente de fluoruro a la superficie de un tubo extruido de aleación de aluminio, ensamblando una pieza (p.ej. un material de aleta) con el tubo extruido de aleación de aluminio, a fin de formar una determinada estructura, y soldando el tubo extruido de aleación de aluminio con la pieza ensamblada en un horno, en cuyo interior hay, por ejemplo, una atmósfera de gas inerte.

Como tubo extruido para producir un intercambiador de calor de automoción se usa normalmente un tubo multipuerto que tiene varias zonas huecas (pasos de refrigerante) definidas por una serie de divisiones. En los últimos años se ha querido rebajar el peso de los intercambiadores de calor para disminuir el consumo de combustible de los automóviles, teniendo en cuenta la reducción del impacto ambiental, y se ha reducido el grosor de los tubos utilizados para producir intercambiadores de calor. Por consiguiente se ha reducido el área de la sección transversal del tubo y se ha usado una relación de extrusión de varios cientos a varios miles (área de la sección transversal del recipiente / área de la sección transversal del producto extruido). Por lo tanto se ha utilizado un material de aluminio puro con una excelente capacidad de extrusión, teniendo en cuenta dicha relación.

Es de esperar que el peso del intercambiador de calor y el grosor del tubo sean cada vez más reducidos. Por lo tanto es necesario aumentar la resistencia del material del tubo. Resulta efectivo agregar Si, Cu, Mn, Mg o análogos para aumentar la resistencia del material del tubo. Cuando el material objeto de la soldadura fuerte contiene Mg, un fundente de fluoruro que se derrite durante el calentamiento reacciona con el Mg del material produciendo compuestos tales como MgF_2 y $KMgF_3$. Esto reduce la actividad del fundente y por tanto la soldabilidad se deteriora notablemente. La adición de Cu reduce bastante la capacidad de extrusión, por lo cual la matriz se rompe o la productividad disminuye. Por lo tanto hay que agregar necesariamente Si y Mn para aumentar la resistencia del material del tubo.

Cuando se incorpora Mn y Si a una aleación en concentraciones elevadas, el Mn y el Si se disuelven en la matriz y aumentan la resistencia de la aleación a la deformación. Por ejemplo, cuando se emplea una relación de extrusión de varios cientos a varios miles (p.ej. al producir un tubo multipuerto), la aleación muestra una capacidad de extrusión notablemente inferior en comparación con un material de Al puro. Una aleación que requiera una alta presión del pistón de extrusión o que tenga una baja velocidad crítica de extrusión (es decir, la máxima velocidad posible de extrusión sin causar la rotura de las divisiones de las zonas huecas del tubo multipuerto) muestra una capacidad de extrusión inferior. Una aleación que contiene Mn y Si en una concentración elevada requiere una alta presión del pistón respecto a un material de Al puro, de modo que la matriz tiende a romperse o desgastarse. Además disminuye la productividad debido a la disminución de la velocidad límite de extrusión.

Se ha propuesto una técnica que agrega Si y Mn para aumentar la resistencia, en la cual se combina un tratamiento de homogeneización a alta temperatura y un tratamiento de homogeneización a baja temperatura con el fin de mejorar la capacidad de extrusión, rebajar la cantidad de solutos disueltos en la matriz y reducir la resistencia a la deformación. En este caso, como se añade una gran cantidad de solutos, la mejora de la capacidad de extrusión (en concreto una mejora de la velocidad de extrusión) es limitada, aunque puede lograrse un aumento de resistencia. Sobre todo resulta difícil conseguir al mismo tiempo una resistencia elevada y una gran capacidad de extrusión (es decir, productividad).

Cuando un tubo (extruido) de un intercambiador de calor de automoción se perfora por corrosión durante su uso, se produce una fuga de líquido refrigerante. Por tanto se aplica una capa adherente de Zn, por pulverización térmica o mediante un método similar, a la superficie de un tubo extruido y el Zn se difunde por soldadura fuerte. La capa de Zn difundido formada sobre el área superficial del tubo sirve de ánodo de sacrificio para el área más profunda y suprime la corrosión en la dirección de su espesor (es decir, aumenta la duración del tubo perforado). En este caso es necesaria la etapa de aplicación del Zn (p.ej. pulverización térmica de Zn) después de extruir el tubo. Además, tras la etapa de aplicación de Zn se debe realizar una etapa de aplicación del fundente de fluoruro requerido para la soldadura fuerte, o una etapa de aplicación de fundente a todo el núcleo del intercambiador de calor, lo cual incrementa el costo de producción. Ya que no se aplica un metal de relleno al tubo, como material de aleta hay que usar una aleta soldada revestida con un metal de relleno. Esto también incrementa el costo de producción respecto al uso de un material de aleta no revestido con un metal de relleno.

Para resolver los problemas anteriores se ha propuesto una técnica que consiste en aplicar una mezcla de metal de relleno en polvo y un fundente en polvo con contenido de Zn a la superficie de un tubo de refrigerante extruido a partir de un material de aleación de aluminio. En este caso, como el metal de relleno, Zn, y el fundente se pueden

5 aplicar simultáneamente en una sola etapa, puede rebajarse el costo de producción. Además, ya que como material de aleta se puede usar un material de aleta no recubierto, el costo de producción puede reducirse aún más. Sin embargo, de acuerdo con esta técnica, como la concentración de Zn en el cordón de soldadura fuerte de la aleta aumenta debido al Zn que contiene el fundente, durante el uso se corroe preferentemente el cordón, de modo que la aleta se desprende en una fase temprana. Las funciones del intercambiador de calor se ven afectadas por la separación de la aleta. Además, al fallar el efecto del ánodo de sacrificio de la aleta (que se obtiene cuando el potencial de la aleta es inferior al del tubo), la perforación del tubo por corrosión también ocurre en una fase temprana. Cuando se reduce la cantidad de fundente que contiene Zn para evitar el fenómeno anterior, la cantidad de fundente necesaria para la soldadura fuerte resulta insuficiente y por tanto se obtiene una soldadura fuerte defectuosa.

15 Como técnica que asegura la soldabilidad, manteniendo la cantidad total de fundente, se ha propuesto una técnica que consiste en aplicar una mezcla de un metal de relleno en polvo, un fundente en polvo que lleva Zn y un fundente en polvo libre de Zn a la superficie de un tubo de refrigerante extruido a partir de un material de aleación de aluminio. Sin embargo, esta técnica tiene como principal objetivo mejorar la soldabilidad y no especifica los componentes de la aleación del tubo extruido que afectan a la resistencia contra la corrosión (los componentes de la aleación ni siquiera se describen en los ejemplos). Por tanto no está claro el efecto de esta técnica en la resistencia a la corrosión. Además, como la relación entre la cantidad de fundente que contiene Zn y la cantidad de fundente exento de Zn es demasiado grande, aumenta la concentración de Zn en el cordón y éste se corroe preferentemente, de manera que la aleta se desprende en una fase temprana.

25 En la patente JP-A-2009-58167 se ha propuesto una técnica que consiste en aplicar una mezcla de un metal de relleno en polvo y un fundente en polvo libre de Zn a la superficie de un tubo de refrigerante extruido a partir de un material de aleación de aluminio, para impedir un incremento de concentración de Zn en el cordón y evitar la situación en que la aleta se desprende en una fase temprana debido a la corrosión preferente del cordón. Gracias a esta técnica, el potencial de la aleta es inferior al del tubo y lo protege contra la corrosión mediante el efecto de ánodo de sacrificio de la aleta. Según esta técnica se puede reducir la concentración de Zn en el cordón y se puede evitar una situación en que la aleta se desprenda en una fase temprana debido a la corrosión preferente del cordón. Sin embargo, como en el tubo falta la capa anódica de sacrificio por difusión de Zn, es imposible proteger suficientemente el tubo contra la corrosión en una zona donde no haya aleta o en una zona alejada de la aleta (p.ej. en una zona cerca del cabezal).

35 En particular, cuando se usa una técnica que limita la cantidad de Si en el tubo, los compuestos de Al-Mn-Si precipitan en la superficie del tubo debido a la difusión de Si procedente del polvo de Si aplicado (es decir, forman un área que tiene un bajo grado de disolución sólida de Mn (es decir, un área que tiene un potencial inferior al de un área más profunda) en la superficie del tubo) y protegen el tubo contra la corrosión utilizando el área anterior como capa anódica de sacrificio, pero la diferencia de potencial entre el área de la superficie y el área profunda del tubo es pequeña, y la corrosión no se puede evitar suficientemente en un ambiente alternante seco-húmedo.

40 Las patentes JP-A-2005-256166, JP-A-2004-330233, JP-A-2006-255755, JP-A-2009-58139, JP-A-2009-58167, DE-A1-102008009695 y US-A1-2010-116472 revelan tecnologías del estado técnico correspondiente.

45 La patente DE-A1-102008009695 revela unos perfiles tubulares extruidos de aluminio o de aleación de aluminio que se pueden usar para obtener un intercambiador de calor de aleación de aluminio mediante soldadura fuerte. Los tubos de aluminio o de aleación de aluminio están provistos de un recubrimiento que contiene un fundente. El recubrimiento contiene fluoruro de cinc y potasio u otra forma de aditivo de cinc. El recubrimiento se aplica para mejorar la resistencia a la corrosión de los tubos y de los intercambiadores de calor que llevan estos tubos. El material base de la aleación de aluminio para los tubos puede contener Cu y/o Mn. El contenido de Cu puede ser hasta del 0,7% o preferiblemente del 0,05 al 0,7% en peso y el contenido de Mn puede ser del 0,05 al 1,3% en peso. El contenido de Si en la aleación de aluminio no está especificado.

55 La patente US-A1-2010-116472 se refiere a un intercambiador de calor provisto de tubos extruidos de aleación de aluminio, con una capa de fundente formada en la superficie externa del tubo extruido consistente en un polvo de Si y un fundente que lleva Zn. La cantidad de polvo de Si aplicada al tubo extruido de aleación de Al no es inferior a 1 g/m² ni superior a 5 g/m² y la cantidad del fundente que lleva Zn aplicado al tubo extruido de aleación de Al no es inferior a 5 g/m² ni superior a 20 g/m². El fundente que lleva Zn contiene preferiblemente al menos un compuesto de Zn elegido entre ZnF₂, ZnCl₂ y KZnF₃.

60 RESUMEN DE LA PRESENTE INVENCION

65 La presente invención se ideó para resolver los problemas técnicos anteriores relacionados con los intercambiadores de calor de aluminio (en particular los intercambiadores de calor de automoción). Un objeto de la presente invención es el de proporcionar un método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio con una constitución material que mejore la resistencia, la capacidad de extrusión y la resistencia a la corrosión de los tubos de refrigerante, e implementar una mejora de la productividad y una reducción del costo. En la reivindicación 1 de la presente invención se define un método para producir un intercambiador de calor de aluminio. Para el método de

producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, el material extruido de la aleación de aluminio que forma el tubo refrigerante puede incluir además uno o más elementos elegidos entre 0,30% en masa o menos de Ti, 0,10% en masa o menos de Sr y 0,30% en masa o menos de Zr.

5 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, el polvo de Si puede tener un tamaño de partícula máximo de 35 µm o menos.

En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, el compuesto en polvo del fundente que contiene Zn puede ser $KZnF_3$.

10 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, el compuesto en polvo del fundente libre de Zn puede ser un fluoroaluminato de potasio.

15 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleta de aleación de aluminio no recubierta puede estar formada por una aleación de aluminio que incluya un 0,1 hasta un 1,8% en masa de Mn y un 0,8 hasta un 3,0% en masa de Zn,

20 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleta descubierta de aleación de aluminio puede estar formada por una aleación de aluminio que incluya 0.1 a 1.8% en masa de Mn y 0.8 a 3.0% en masa de Zn, siendo el resto Al e impurezas inevitables.

25 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleta descubierta de aleación de aluminio puede estar formada por una aleación de aluminio que incluya 0,1 a 1,8% en masa de Mn, 0,8 a 3,0% en masa de Zn y uno o más elementos elegidos entre 0,1 a 1,2% en masa de Si, 0,01 a 0,8% en masa de Fe, 0,05 a 0,5% en masa de Mg, 0,3% en masa o menos de Cu, 0,3% en masa o menos de Cr, 0,3% en masa o menos de Zr, y 0,3% en masa o menos de Ti, siendo el resto Al e impurezas inevitables.

30 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleación de aluminio que forma la aleta descubierta puede incluir además uno o más elementos elegidos entre 0,001 hasta 0,10% en masa de In y 0,001 hasta 0,10% en masa de Sn.

35 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleación de aluminio, excluyendo el material que forma el tubo refrigerante, se puede obtener fundiendo un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización que mantenga el lingote a 400 hasta 650°C durante 4 horas o más y extruyendo el lingote en caliente.

40 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleación de aluminio, excluyendo el material que forma el tubo refrigerante, se puede obtener fundiendo un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización y extruyendo el lingote en caliente. El tratamiento térmico de homogeneización incluye una primera etapa que consiste en mantener el lingote a 550 hasta 650°C durante 2 horas o más y una segunda etapa que consiste en enfriar el lingote procedente de la primera etapa a 400 hasta 550°C y mantenerlo a esta temperatura durante 3 horas o más.

45 En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio, la aleación de aluminio, excluyendo el material que forma el tubo refrigerante, se puede obtener fundiendo un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización y extruyendo el lingote en caliente. El tratamiento térmico de homogeneización incluye una primera etapa que consiste en mantener el lingote a 550 hasta 650°C durante 2 horas o más y una segunda etapa que consiste en enfriar el lingote procedente de la primera etapa a 200°C y mantenerlo a 400 hasta 550°C durante 3 horas o más.

50 La presente invención aporta pues un método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio (en particular un intercambiador de calor de automoción) cuya constitución material mejora la resistencia, la capacidad de extrusión y la resistencia a la corrosión de los tubos de refrigerante e implementa una mejora de la productividad y una reducción del costo.

DESCRIPCIÓN DE EJEMPLOS DE FORMAS DE EJECUCIÓN

60 A continuación se describe la composición de un material extruido de aleación de aluminio, del cual se forma un tubo refrigerante utilizado para un método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio según la presente invención, y un método para producir el material de aleación de aluminio extruido.

Mn

65 El material de aleación de aluminio extruido que forma el tubo refrigerante contiene 0,6 hasta 1,7% de Mn. El Mn se disuelve en la matriz al soldar el intercambiador de calor de automoción por calentamiento y produce un aumento de

la resistencia en comparación con una aleación de aluminio puro empleada para formar un tubo extruido multipuerto para intercambiadores de calor de automoción. Si el contenido de Mn es inferior al 0,5%, el efecto de mejora de la resistencia puede ser insuficiente. Si el contenido de Mn es superior al 1,7% puede disminuir la capacidad de extrusión. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,6 al 1,5%.

La adición de Mn disminuye la capacidad de extrusión (sobre todo la velocidad de extrusión crítica) solo en pequeña medida en comparación con el caso en que se agrega la misma proporción de Si, Cu o Mg. Cuando se agrega una proporción idéntica de Mn, Si, Cu o Mg para obtener la misma resistencia, la velocidad crítica de extrusión se reduce al mínimo y se puede alcanzar una gran resistencia y una elevada capacidad de extrusión (es decir, productividad) de manera combinada al añadir Mn.

Si

El contenido de Si está limitado a menos del 0,10%. El Si produce los siguientes efectos: un polvo de Si aplicado a la superficie del tubo de refrigerante se difunde en dicho tubo al calentarlo para la soldadura fuerte, forma un compuesto intermetálico de Al-Mn-Si con el Mn incluido en la aleación de aluminio que constituye el tubo de refrigerante y precipita. Por tanto disminuye la solubilidad sólida del Mn y del Si en la capa de difusión de Si en la aleación de aluminio que forma el tubo refrigerante y el potencial de la capa de difusión de Si resulta más bajo que el del área situada por debajo de la capa de difusión de Si (es decir, de un área donde no se ha difundido Si). El área superficial hasta el límite con la capa de difusión de Si actúa como una capa anódica de sacrificio para el área más profunda, lo cual permite alargar el tiempo de resistencia a la perforación por corrosión en la dirección del espesor del tubo.

Si el contenido de Si es igual o superior al 0,10%, como inicialmente hay un compuesto intermetálico de Al-Mn-Si en la aleación, la solubilidad sólida de Mn en la aleación disminuye. En este caso, aunque el polvo de Si aplicado a la superficie se difunde en la aleación al calentarla para la soldadura fuerte, la precipitación de compuestos intermetálicos de Al-Mn-Si resulta insuficiente y por tanto no hay disminución de potencial en el área superficial hasta el límite con la capa de difusión de Si. Por consiguiente el área superficial hasta el límite con la capa de difusión de Si no sirve como una capa anódica de sacrificio (es decir, no mejora el tiempo de resistencia a la perforación por corrosión). Es preferible restringir el contenido de Si a menos del 0,05%. Téngase en cuenta que, según el entorno, la capa anódica de sacrificio obtenida del modo descrito anteriormente podría ser insuficiente para evitar la corrosión. Sin embargo, como en el método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención también se aplica un fundente que lleva Zn, el efecto reductor de potencial del fundente que contiene Zn es de tipo sinérgico, de modo que la resistencia a la corrosión puede ser más efectiva.

Cu

El contenido de Cu está limitado a menos del 0,05%. El Cu tiene los siguientes efectos. Como la adición de Cu reduce notablemente la capacidad de extrusión en comparación con el Mn, es necesario limitar el contenido de Cu teniendo en cuenta una disminución de la capacidad de extrusión. Es sabido que el potencial disminuye debido a la adición de Zn y aumenta debido a la adición de Cu. Los presentes inventores vieron que el efecto elevador de potencial del Cu ocurre principalmente cuando el Zn coexiste con Cu (sobre todo, si el contenido de Zn es bajo). En el método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención, una capa de difusión de Zn formada durante la soldadura fuerte por el fundente en polvo que contiene Zn tiene una baja concentración de Zn superficial en comparación con una capa de difusión de Zn formada durante la soldadura fuerte por pulverización térmica de Zn o por un método similar. En el método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención, como también se usa un fundente libre de Zn, la concentración de Zn superficial disminuye más. Por lo tanto, si el tubo de refrigerante contiene 0,05% o más de Cu, el efecto reductor de potencial de la capa de difusión de Zn formada por el fundente que lleva Zn es contrarrestado por el efecto elevador de potencial del Cu. En este caso el potencial del área superficial del tubo refrigerante no disminuye a pesar de la presencia de la capa de difusión de Zn, por lo cual no se puede formar un gradiente potencial de modo que el área superficial tenga un potencial más bajo y el área profunda un mayor potencial en la dirección del espesor del tubo de refrigerante. Como resultado, es imposible mejorar el tiempo de resistencia a la perforación por corrosión, permitiendo que el área superficial del tubo refrigerante actúe como ánodo de sacrificio, y evitar la corrosión del área profunda. Además, debido al polvo de Si aplicado hay una capa de difusión de Si en el área superficial del tubo de refrigerante que aumenta el potencial de dicha área.

Cuando el contenido de Cu es alto, el efecto elevador de potencial del Cu predomina completamente sobre el efecto reductor de potencial de la capa de difusión de Zn, formándose un gradiente de potencial en que el área superficial tiene un potencial mayor y el área profunda un potencial menor en la dirección del espesor del tubo de refrigerante, junto con el efecto elevador de potencial de la capa de difusión de Si. En este caso, como el área profunda sirve de ánodo respecto al área superficial del tubo de refrigerante, la corrosión por perforación ocurre en una fase temprana. La concentración de Zn en la superficie puede incrementarse aumentando la cantidad de fundente en polvo que lleva Zn. En este caso, sin embargo, el espesor de la película disminuye durante la soldadura fuerte debido a la

fusión del Si y del fundente y por tanto disminuye la distancia entre el tubo de refrigerante y el material de la aleta. Como el fenómeno anterior ocurre en todo el núcleo, las dimensiones externas del núcleo disminuyen. Además, como la concentración de Zn también aumenta en el cordón de la unión de la aleta, ésta puede desprenderse en una fase temprana debido a la corrosión preferente del cordón.

5 Cuando el contenido de Cu está limitado a menos del 0,10%, el potencial del área superficial del tubo de refrigerante disminuye debido a la capa de difusión de Zn de baja concentración. Por lo tanto se puede formar una distribución de potencial en la dirección del espesor para que el área superficial tenga un potencial más bajo y el área profunda tenga un potencial mayor, de manera que la zona profunda quede protegida contra la corrosión utilizando el área superficial del tubo refrigerante como ánodo de sacrificio. El contenido de Cu está limitado según la presente invención a menos del 0,05% y preferiblemente a menos del 0,03%.

Ti, Sr y Zr

15 El material extruido de aleación de aluminio que forma el tubo refrigerante puede incluir uno o más elementos elegidos entre 0,30% o menos de Ti, 0,10% o menos de Sr y 0,30% o menos de Zr.

20 El Ti forma un área de alta concentración de Ti y un área de baja concentración de Ti en el tubo de refrigerante. Estas áreas se distribuyen alternativamente en capas siguiendo la dirección del espesor. Como el área de baja concentración de Ti se corroe preferentemente en comparación con el área de alta concentración de Ti, la corrosión ocurre de forma estratificada. Por lo tanto la corrosión no avanza en la dirección del espesor. Como resultado mejora la resistencia a la corrosión por picadura y la resistencia a la corrosión intergranular. Además, la resistencia del material a temperatura ambiente y a temperatura elevada mejora añadiendo Ti. Cuando el contenido de Ti excede el 0,30% pueden formarse productos cristalizados gruesos durante la fundición, lo cual puede dificultar la producción de un tubo de refrigerante saneado.

30 El Sr provoca que el polvo de Si aplicado a la superficie del tubo refrigerante reaccione con Al en la matriz durante el calentamiento para la soldadura fuerte, produciendo un metal de relleno líquido formado por aleación Al-Si, y refina y dispersa la estructura eutéctica cristalizada durante la solidificación por enfriamiento. Por lo tanto, como la estructura eutéctica que sirve de sitio anódico en la superficie del material se dispersa, la corrosión se extiende uniformemente y resulta una configuración de corrosión plana. Esto mejora la resistencia a la corrosión. Si el contenido de Sr excede el 0,10% puede cristalizar un compuesto de Al-Si-Sr que impida el refinamiento de la estructura eutéctica.

35 El Zr aumenta el tamaño de los granos recristalizados y disminuye la densidad de límites de grano de la matriz cuando la aleación que forma el tubo de refrigerante recristaliza durante el calentamiento para la soldadura fuerte. Esto elimina un fenómeno consistente en que el metal líquido de relleno de aleación Al-Si producido por el polvo de Si aplicado a la superficie del tubo de refrigerante penetra en los límites de grano de la matriz y suprime la corrosión intergranular preferente. Cuando el contenido de Zr excede el 0,30% se pueden formar productos cristalizados gruesos durante la fundición, lo cual puede dificultar la producción de un tubo de refrigerante saneado. Los efectos de Ti, Sr y Zr pueden obtenerse conjuntamente cuando se agregan Ti, Sr y Zr combinados.

Etapa de producción (1)

45 En una etapa de producción (1) un lingote de un material extruido de aleación de aluminio que forma el tubo refrigerante y que tiene la composición anterior se somete a un tratamiento de homogeneización de 400 a 650°C durante 4 horas o más, y después se extruye en caliente. El tratamiento homogeneizador produce la descomposición o granulación de los productos cristalizados gruesos formados durante la fundición y la solidificación, lo cual permite homogeneizar una textura no uniforme (p.ej. una capa de segregación) producida durante la fundición. Cuando los productos cristalizados gruesos o una textura no uniforme (p.ej. una capa de segregación) producida durante la fundición persisten durante la extrusión en caliente, la capacidad de extrusión o la rugosidad superficial del producto extruido pueden disminuir. Si la temperatura de homogeneización es inferior a 400°C, la reacción puede producirse solo en pequeña medida. La reacción avanza fácilmente a medida que aumenta la temperatura de homogeneización. Sin embargo la fusión puede tener lugar cuando la temperatura de homogeneización es superior a 650°C. La temperatura de homogeneización es preferiblemente de 430 hasta 620°C.

50 Como la reacción transcurre fácilmente a medida que se incrementa el tiempo de homogeneización, es preferible realizar el tratamiento de homogeneización durante 10 horas o más. El efecto del tratamiento de homogeneización puede llegar a la saturación (es decir, puede ser antieconómico), sobre todo cuando dicho tratamiento se realiza durante más de 24 horas. Por lo tanto, el tiempo de tratamiento de homogeneización es preferiblemente de 10 a 24 horas.

Etapa de producción (2)

65 En una etapa de producción (2) se combina un tratamiento de homogeneización a temperatura alta con un tratamiento de homogeneización a temperatura a temperatura baja. De manera más concreta el lingote se somete a un tratamiento térmico de homogeneización y después se extruye en caliente. El tratamiento térmico de homogeneización incluye una primera fase que mantiene el lingote a 550 hasta 650°C durante 2 horas o más y una

segunda fase en la cual el lingote procedente de la primera fase del tratamiento térmico se enfría a 400 hasta 550°C y se mantiene a 400 hasta 550°C durante 3 horas o más. Esto mejora más la capacidad de extrusión en caliente y reduce la incidencia del rechazo de aluminio durante la extrusión en caliente. El término "rechazo de aluminio" utilizado aquí se refiere a un defecto por el cual hay trozos de aluminio acumulados en la matriz durante la extrusión que se descargan de ella al alcanzar un cierto tamaño y se adhieren a la superficie del tubo de refrigerante extruido.

El tratamiento térmico de alta temperatura en la primera fase mantiene el lingote a una temperatura de 550 hasta 650°C durante 2 horas o más. El tratamiento térmico de la primera fase a alta temperatura produce la descomposición, granulación o redisolución de los productos cristalizados gruesos formados durante la fundición y la solidificación. Si la temperatura de homogeneización es inferior a 550°C, la redisolución solo puede proceder en menor medida. La reacción avanza fácilmente a medida que aumenta la temperatura de homogeneización. No obstante, si la temperatura de homogeneización es superior a 650°C se puede producir la fusión. La temperatura preferible de homogeneización es de 580 hasta 620°C. Como la reacción transcurre fácilmente a medida que aumenta el tiempo de tratamiento térmico de la primera fase, es preferible que el tratamiento térmico de la primera fase dure 5 horas o más. El efecto del tratamiento térmico de la primera fase puede llegar a la saturación (es decir, puede ser antieconómico), sobre todo si dicho tratamiento de la primera fase se realiza durante más de 24 horas. Por lo tanto el tiempo de tratamiento de homogeneización es preferiblemente de 5 a 24 horas.

Cuando el tratamiento térmico de la segunda etapa en que el lingote se enfría a 400 hasta 550°C y luego se mantiene a 400-550°C durante 3 horas o más se realiza tras el tratamiento térmico a alta temperatura de la primera etapa, el Mn disuelto en la matriz precipita, de modo que la solubilidad sólida de Mn disminuye. Esto reduce la resistencia a la deformación durante la subsiguiente extrusión en caliente, lo cual permite mejorar la capacidad de extrusión. Si la temperatura del tratamiento térmico de la segunda etapa es inferior a 400°C, la precipitación puede ser incompleta y por tanto el efecto reductor de la resistencia a la deformación puede ser insuficiente. Si la temperatura del tratamiento térmico de la segunda etapa excede los 550°C, la precipitación puede ser incompleta y por tanto el efecto reductor de la resistencia a la deformación puede ser insuficiente. Si el tiempo de tratamiento es inferior a 3 horas, la precipitación puede ser incompleta y por tanto el efecto reductor de la resistencia a la deformación puede ser insuficiente. A medida que aumenta el tiempo de tratamiento la reacción avanza fácilmente. Sin embargo, el efecto del tratamiento puede llegar a la saturación (es decir, puede ser antieconómico), sobre todo si dicho tratamiento se realiza durante más de 24 horas. El tratamiento térmico de la segunda etapa se realiza preferiblemente durante 5 hasta 15 horas.

Etapas de producción (3)

El anterior tratamiento de homogeneización en dos etapas está diseñado de manera que el Mn disuelto suficiente y homogéneamente mediante el tratamiento térmico de la primera etapa precipite mediante el tratamiento térmico de la segunda etapa, que se realiza a la temperatura específica arriba mencionada. El tratamiento térmico de la primera etapa y el tratamiento térmico de la segunda etapa no tienen por qué llevarse a cabo consecutivamente. En concreto, el tratamiento térmico de segunda etapa puede realizarse ininterrumpidamente tras el tratamiento térmico de la primera etapa, o bien puede someterse el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización y después extruirlo en caliente como etapa de producción (3), en la cual el tratamiento térmico de homogeneización incluye un tratamiento térmico de primera etapa que mantiene el lingote a 550 a 650°C durante 2 horas o más y un tratamiento térmico de segunda etapa que enfría el lingote procedente del tratamiento térmico de la primera etapa a 200°C o menos y luego lo mantiene a 400 a 550°C durante 3 horas o más.

A continuación se describe un material de recubrimiento que se prepara mezclando Si en polvo, un fundente en polvo y un aglutinante. Como fundente se utiliza un fundente en polvo de un compuesto que contiene Zn y un fundente en polvo de un compuesto libre de Zn.

En el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención se aplica a la superficie del material extruido del tubo de refrigerante una mezcla del polvo de Si, del compuesto fundente en polvo que contiene Zn, del compuesto fundente en polvo libre de Zn y del aglutinante, por los siguientes motivos. El polvo de Si reacciona con Al en la matriz del tubo de refrigerante durante la soldadura fuerte formando un metal de relleno líquido Al-Si que permite unir un material de aleta o un material de cabezal al tubo de refrigerante. El fundente que contiene Zn se descompone en el fundente y Zn durante la soldadura fuerte. El fundente elimina una película de óxido de la superficie de la aleación de aluminio para permitir la soldadura fuerte, mientras que el Zn se difunde en el tubo de refrigerante para formar una capa de difusión de Zn. Así se puede formar un gradiente de potencial de manera que el área superficial del tubo de refrigerante tenga un potencial más bajo y el área profunda del tubo de refrigerante tenga un potencial mayor. Por lo tanto, el área profunda puede protegerse contra la corrosión utilizando la superficie como un ánodo de sacrificio.

Cuando solo se usa el fundente que contiene Zn, la concentración de Zn en el cordón de la unión de la aleta también aumenta y por lo tanto la aleta se puede desprender en una fase temprana debido a la corrosión preferente del cordón. Por consiguiente en el método de producción de un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención se usa necesariamente el fundente libre de Zn para disminuir debidamente la proporción de Zn en la mezcla de polvo, de modo que el tubo refrigerante tenga resistencia a la

corrosión y se evite la corrosión preferente del cordón. El fundente en polvo libre de Zn también permite la soldadura fuerte del mismo modo que el fundente obtenido durante la soldadura fuerte por la descomposición del fundente que contiene Zn. En particular, la cantidad de fundente obtenida por la descomposición del fundente que lleva Zn durante la soldadura fuerte puede ser insuficiente para permitir la soldadura fuerte cuando la atmósfera de soldadura fuerte es pobre (p.ej. cuando la concentración de oxígeno en el horno es alta). El aglutinante mejora la adhesión al favorecer que la mezcla de polvo se adhiera al tubo de refrigerante.

Es preferible que el tamaño de partícula máximo del polvo de Si sea de 35 μm o menos. Cuando el tamaño de partícula del polvo de Si es tan pequeño mejora la fluidez del metal de relleno líquido de Al-Si producido durante el calentamiento para la soldadura fuerte y se elimina la erosión de la matriz. Es más preferible que el tamaño de partícula máximo del polvo de Si sea 15 μm o menos. El tamaño medio de partícula del compuesto fundente en polvo que contiene Zn y del compuesto fundente en polvo exento de Zn es de aproximadamente 5 μm . Como compuesto fundente en polvo que contiene Zn se usa KZnF_3 , por ejemplo. Como compuesto fundente en polvo libre de Zn se usa un fluoroaluminato de potasio (p.ej. KAlF_4 , K_2AlF_5 o K_3AlF_6), por ejemplo. Como aglutinante se usa una resina acrílica, por ejemplo.

En el método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención se emplea una mezcla del polvo de Si, del compuesto fundente en polvo que contiene Zn y del compuesto fundente en polvo libre de Zn. El polvo de Si se aplica en una cantidad de 1 hasta 4 g/m^2 . Si la cantidad de polvo de Si es inferior a 1 g/m^2 no se puede obtener suficiente metal de relleno líquido durante la soldadura fuerte y por tanto no se puede lograr una unión suficiente. Si la cantidad de polvo de Si es superior a 4 g/m^2 , como disminuye la relación de fundente en polvo que contiene Zn y fundente en polvo libre de Zn respecto al polvo mixto, la cantidad de Zn que se difunde en el tubo de refrigerante puede resultar insuficiente. Además la soldabilidad puede empeorar al disminuir la cantidad de fundente. El polvo de Si se aplica preferiblemente en una cantidad de 2 hasta 4 g/m^2 .

El fundente en polvo que contiene Zn se aplica en una cantidad de 1 a 9 g/m^2 . Si la cantidad de fundente en polvo que contiene Zn es inferior a 1 g/m^2 , la cantidad de Zn difundida en el tubo de refrigerante puede ser insuficiente y puede disminuir la resistencia a la corrosión, porque puede ser que el potencial del área superficial del tubo de refrigerante no sea suficientemente bajo respecto al del área profunda. Además la soldabilidad puede empeorar al disminuir la cantidad de fundente. Si la cantidad de fundente en polvo que contiene Zn supera los 9 g/m^2 , la cantidad de Zn que se difunde en el tubo de refrigerante puede ser suficiente y el potencial del área superficial del tubo de refrigerante puede ser suficientemente inferior al de la zona profunda. Sin embargo, como también aumenta la concentración de Zn en el cordón de la unión de la aleta, ésta puede desprenderse en una fase temprana debido a la corrosión preferente del cordón. El fundente en polvo que contiene Zn se aplica preferiblemente en una cantidad de 3 hasta 7,5 g/m^2 .

En el método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención, el fundente en polvo libre de Zn se usa necesariamente para asegurar que el tubo refrigerante sea resistente a la corrosión y para evitar la corrosión preferente del cordón por un aumento de la concentración de Zn. El fundente en polvo libre de Zn se aplica en una cantidad de 1 hasta 9 g/m^2 . Si la cantidad de fundente en polvo libre de Zn es inferior a 1 g/m^2 , al aumentar en la mezcla de polvo la proporción del fundente en polvo que lleva Zn se puede producir una corrosión preferente del cordón debido a un aumento de la concentración de Zn. Además, la soldabilidad puede empeorar debido a una disminución en la cantidad total de fundente. Si la cantidad de fundente en polvo libre de Zn es superior a los 9 g/m^2 , como la proporción de fundente en polvo que contiene Zn disminuye en la mezcla de polvo, la cantidad de Zn que se difunde en el tubo de refrigerante puede ser insuficiente y por tanto puede disminuir la resistencia del tubo de refrigerante a la corrosión. El fundente en polvo libre de Zn se aplica preferiblemente en una cantidad de 1,5 hasta 6 g/m^2 .

El contenido de aglutinante en el material de recubrimiento es preferiblemente del 5 al 40% en peso. Si el contenido de aglutinante en el material de recubrimiento es inferior al 5% en peso, la mezcla se puede eliminar fácilmente. Si el contenido de aglutinante en el material de recubrimiento supera el 40% en peso puede disminuir la soldabilidad. El polvo de Si, el compuesto fundente en polvo que contiene Zn y el compuesto fundente en polvo libre de Zn se usan en una cantidad de 5 hasta 20 g/m^2 en total. Si la cantidad de la mezcla es inferior a 5 g/m^2 , la cantidad de Zn que se adhiere a la superficie del tubo de refrigerante puede ser insuficiente. Si la cantidad de la mezcla supera los 20 g/m^2 , la cantidad de metal de relleno producido puede aumentar, provocando la fusión o la disolución de la aleta o la matriz. Además, como aumenta el espesor de la película entre el tubo de refrigerante y el material de la aleta, las dimensiones de todo el núcleo pueden disminuir al bajar el grosor de la película debido a la fusión durante el calentamiento para la soldadura fuerte. El material de recubrimiento se puede aplicar por rodillo al tubo de refrigerante.

Ahora se describe la relación entre los potenciales del área profunda y del área superficial del tubo de refrigerante, el potencial del cordón de unión de la aleta y el potencial de la aleta incluida en el intercambiador de calor de aleación de aluminio producido por el método según una forma de ejecución de la presente invención. El intercambiador de calor de aleación de aluminio producido por el método conforme a una forma de ejecución de la presente invención se caracteriza porque el área profunda del tubo de refrigerante tiene el mayor potencial y éste disminuye según el

orden área superficial del refrigerante, tubo, cordón de la aleta y aleta. El área profunda del tubo de refrigerante se refiere a un área que no se ve afectada por la difusión de Zn desde la superficie. Por consiguiente el área superficial del tubo de refrigerante sirve de ánodo de sacrificio para el área profunda, de manera que el área profunda se puede proteger catódicamente. La aleta sirve de ánodo de sacrificio para el área superficial y el área profunda del tubo de refrigerante, de modo que el tubo de refrigerante puede protegerse contra la corrosión. Como el potencial del cordón de unión de la aleta es superior al de la aleta se puede eliminar la corrosión preferente del cordón, evitando así el desprendimiento de la aleta en una fase temprana.

Al producir un intercambiador de calor que utiliza el tubo de refrigerante según una forma de ejecución de la presente invención se pueden evitar los posibles defectos de la soldadura fuerte en la unión entre el tubo de refrigerante y un material de cabezal atribuibles a las siguientes causas. En concreto el tubo de refrigerante y el material del cabezal están unidos principalmente mediante un metal de relleno aplicado al material del cabezal. Sin embargo, el polvo de Si se adhiere a la superficie del tubo de refrigerante y ésta se cubre con un metal de relleno líquido durante la soldadura fuerte. Por lo tanto el metal de relleno aplicado al material del cabezal se comunica con el metal de relleno líquido en la superficie del tubo de refrigerante (es decir, fluye libremente). El tubo de refrigerante está unido a la aleta por el lado opuesto al cabezal y el metal de relleno aplicado al material del cabezal se mueve a lo largo de la superficie del tubo de refrigerante y llega a la unión con la aleta debido a la tensión superficial. Por lo tanto la cantidad de metal de relleno en la unión entre el cabezal y el tubo de refrigerante resulta insuficiente y la soldadura fuerte queda defectuosa. La soldadura fuerte defectuosa ocurre en particular al usar un tubo de refrigerante formado por una aleación de aluminio puro o por una aleación producida mediante la adición de Cu a una aleación de aluminio puro. En cambio, cuando el tubo refrigerante está formado por la aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención, no se produce la soldadura fuerte defectuosa en la unión entre el tubo refrigerante y el material del cabezal, aun cuando el material del cabezal lleva la misma cantidad de metal de relleno que en el caso del tubo de refrigerante formado por la aleación anterior. En concreto, como hay un precipitado de Al-Mn (resistencia) en la superficie del tubo refrigerante de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención, se puede eliminar la humectación de la superficie de la aleación por el metal de relleno líquido, en comparación con una aleación de aluminio puro o con una aleación producida mediante la adición de Cu a una aleación de aluminio puro. Esto permite evitar una situación en la que el metal de relleno aplicado al material del cabezal se mueva a lo largo de la superficie del tubo de refrigerante fluyendo hacia la unión con la aleta.

A continuación se describe la composición de un material de aleta descubierta de aleación de aluminio usado para el método según una forma de ejecución de la presente invención.

Mn

El Mn mejora la resistencia del material de la aleta. El contenido de Mn es preferiblemente del 0,1 al 1,8%. Si el contenido de Mn es inferior al 0,1%, el efecto puede ser insuficiente. Si el contenido de Mn es superior al 1,8% pueden formarse productos gruesos cristalizados durante la fundición, lo cual puede dificultar la producción de un material de aleta saneado. El contenido de Mn es con mayor preferencia del 0,8 al 1,7%.

Zn

El Zn disminuye el potencial del material de la aleta. El contenido de Zn es preferiblemente del 0,8 al 3,0%. Si el contenido de Zn es inferior al 0,8%, el efecto reductor del potencial puede ser insuficiente. Además, el potencial del material de la aleta puede ser mayor que el del cordón de la unión de la aleta y el cordón puede sufrir una corrosión preferente, de modo que disminuya la resistencia al desprendimiento del cordón. Cuando el potencial del material de la aleta es superior al del tubo de refrigerante, el material de la aleta actúa como un cátodo para el tubo de refrigerante y por tanto puede disminuir la resistencia a la corrosión del tubo de refrigerante. Si el contenido de Zn supera el 3,0%, el potencial del material de la aleta disminuye suficientemente, pero la resistencia a la autocorrosión del material de la aleta puede disminuir. Además, como aumenta la diferencia de potencial entre el material de la aleta y el cordón de unión de la aleta o el tubo de refrigerante, el material de aleta (ánodo) puede consumirse en una fase temprana debido a la corrosión en un ambiente en el que el material siempre está expuesto a un líquido de conductividad elevada. El contenido de Zn es con mayor preferencia del 1,0 al 2,5%.

Si, Fe, Cu, Mg, Cr, Zr, Ti, In y Sn

El Si mejora la resistencia del material de la aleta. El contenido de Si es preferiblemente del 0,1 al 1,2%. Si el contenido de Si es inferior al 0,1%, el efecto puede ser insuficiente. Si el contenido de Si supera el 1,2% puede disminuir el punto de fusión del material de la aleta, hasta llegar a su fusión local durante el calentamiento para la soldadura fuerte. El contenido de Si es con mayor preferencia del 0,2 al 0,6%.

El Fe mejora la resistencia del material de la aleta. El contenido de Fe es preferiblemente del 0,01 al 0,8%. Si el contenido de Fe es inferior al 0,01%, el efecto puede resultar insuficiente. Si el contenido de Fe supera el 0,8% puede aumentar la cantidad de compuestos de Al-Fe formados y por lo tanto disminuir la resistencia a la autocorrosión del material de la aleta. El contenido de Fe es con mayor preferencia del 0,1 al 0,7%.

El Mg mejora la resistencia del material de la aleta. El contenido de Mg es preferiblemente del 0,05 al 0,5%. Si el contenido de Mg es inferior al 0,05%, el efecto puede ser insuficiente. Si el contenido de Mg supera el 0,5% reacciona con un fundente de fluoruro formando fluoruro magnésico durante la soldadura fuerte en una atmósfera de gas inerte con el uso de dicho fundente. Como resultado puede disminuir la soldabilidad y el aspecto de la zona soldada puede empeorar. El contenido de Mg es con mayor preferencia del 0,05 al 0,3% y sobre todo del 0,05% al 0,15%.

El Cu mejora la resistencia del material de la aleta. El contenido de Cu es preferiblemente del 0,3% o inferior. Si el contenido de Cu supera el 0,3% puede aumentar el potencial del material de la aleta y por lo tanto puede empeorar la resistencia del tubo de refrigerante a la corrosión y al desprendimiento. Asimismo puede disminuir la resistencia a la autocorrosión del material de la aleta. El Cr y el Zr aumentan el tamaño de grano del cristal tras la soldadura fuerte y reducen el pandeo del material de la aleta durante el calentamiento para la soldadura. El contenido de Cr y de Zr es preferiblemente del 0,3% o inferior. Si el contenido de Cr y/o de Zr es superior al 0,3% se pueden formar productos gruesos cristalizados durante la fundición, lo cual puede dificultar la obtención de un material de aleta saneado.

Ti forma un área de alta concentración de Ti y un área de baja concentración de Ti en la aleación. Estas áreas se distribuyen alternativamente en capas según la dirección del grosor del material. Como el área de baja concentración de Ti se corroe preferentemente en comparación con el área de alta concentración de Ti, la corrosión se produce de forma estratificada. Por lo tanto la corrosión no avanza en la dirección del espesor del material. Como resultado mejora la resistencia a la corrosión por picadura y la resistencia a la corrosión intergranular. Además, la resistencia del material a temperatura ambiente y a temperatura elevada mejora añadiendo Ti. El contenido de Ti es preferiblemente del 0,3% o inferior. Si el contenido de Ti supera el 0,3% pueden formarse productos cristalizados gruesos durante la fundición, lo cual puede dificultar la producción de un material de aleta saneado.

El In y el Sn disminuyen el potencial del material de aleta añadidos en pequeña proporción y consiguen los mismos efectos logrados por la adición de Zn. El contenido de In y de Sn es preferiblemente del 0,001 al 0,10%. Si el contenido de In y/o de Sn es inferior al 0,001%, el efecto puede ser insuficiente. Si el contenido de In y/o de Sn es superior al 0,10% puede disminuir la resistencia a la autocorrosión del material de la aleta.

El intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención se puede producir ensamblando el tubo de refrigerante y el material de aleta que tienen la composición arriba citada, y soldando el tubo de refrigerante con el material de aleta por un método corriente. El método para producir el intercambiador de calor de aleación de aluminio según una forma de ejecución de la presente invención no está especialmente limitado. El método de calentamiento, la estructura del horno de calentamiento y elementos similares empleados para someter la aleación del tubo de refrigerante al tratamiento de homogeneización no están especialmente limitados. La forma del tubo de refrigerante producido por extrusión no está especialmente limitada. La forma del tubo de refrigerante se elige dependiendo de la aplicación (p.ej. de la forma del intercambiador de calor). Como el material de aleación de aluminio para formar el tubo refrigerante tiene una capacidad de extrusión excelente, el material de aleación de aluminio puede extruirse utilizando una matriz de múltiples cavidades que tenga una forma hueca. La atmósfera, la temperatura y el tiempo de calentamiento, y el método de soldadura fuerte para soldar el tubo de refrigerante y el material de la aleta no están especialmente limitados. Por lo tanto se puede producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio que tenga una excelente resistencia a la corrosión y una excelente durabilidad, cuando va instalado en un automóvil sometido a un ambiente muy corrosivo, por ejemplo.

EJEMPLOS

La presente invención se describe seguidamente por medio de ejemplos y ejemplos comparativos para demostrar sus efectos ventajosos. Adviértase que los siguientes ejemplos solo se proporcionan con fines ilustrativos y que la presente invención no se limita a ellos.

Ejemplo 1

Se colaron lingotes cilíndricos de las aleaciones de aluminio A hasta K (aleaciones de aluminio para producir un tubo de refrigerante) cuya composición figura en la tabla 1 y se sometieron a los siguientes ensayos 1, 2 y 3.

Ejemplo comparativo 1

Se colaron lingotes cilíndricos de las aleaciones de aluminio L hasta T (aleaciones de aluminio para producir un tubo de refrigerante) cuya composición figura en la tabla 2 y se sometieron a los siguientes ensayos 1, 2 y 3. La aleación T se ha usado de manera general como aleación de aluminio para producir tubos de refrigerante.

Ensayo 1

El lingote se homogeneizó a 600°C durante 10 horas y se extruyó en caliente para obtener un tubo multipuerto. Se determinó la relación de la velocidad crítica de extrusión (es decir, la relación referida a la velocidad crítica de

extrusión de la aleación T) durante la extrusión. Los resultados figuran en las tablas 3 y 4. Aquellos casos en que la relación de la velocidad crítica de extrusión resultó superior a 1,0 se valoraron como “aceptables” y los casos en que la relación de la velocidad crítica de extrusión resultó inferior a 1,0 se valoraron como “inaceptables” (evaluación de la capacidad de extrusión).

5

Ensayo 2

El tubo multipuerto extruido en caliente para el ensayo 1 se calentó con el fin de someterlo a la soldadura fuerte. En concreto, el tubo multipuerto se calentó hasta 600°C en una atmósfera de gas nitrógeno a una velocidad media de incremento de temperatura de 50°C/min, se mantuvo a dicha temperatura durante 3 minutos y se enfrió a temperatura ambiente. Después el tubo multipuerto se sometió a un ensayo de tracción a temperatura ambiente. Los resultados se muestran en las tablas 3 y 4. Aquellos casos en que la resistencia a la tracción resultó mayor que la de la aleación T se valoraron como “aceptables” y los casos en que la resistencia a la tracción resultó menor que la de la aleación T se valoraron como “inaceptables” (evaluación de la resistencia después de la soldadura fuerte).

10

15

Ensayo 3

El lingote obtenido al colar la aleación C (aleación según la presente invención) se homogeneizó en las condiciones indicadas en las tablas 5 y 6 y se extruyó en caliente para obtener un tubo multipuerto. Se determinó la relación de la velocidad crítica de extrusión (es decir, la relación referida a la velocidad crítica de extrusión de la aleación T). La velocidad de incremento de la temperatura hasta alcanzar la temperatura de homogeneización de la primera etapa se ajustó a 50°C/h. La velocidad de disminución de la temperatura para llevar a cabo sucesivamente el tratamiento de homogeneización de la primera etapa y el tratamiento de homogeneización de la segunda etapa se ajustó a 25°C/h. El lingote se dejó enfriar tras el tratamiento de homogeneización de la segunda etapa. Los resultados se muestran en las tablas 5 y 6. Aquellos casos en que la relación de la velocidad crítica de extrusión resultó superior a 1,0 se valoraron como “aceptables” y los casos en que la relación de la velocidad crítica de extrusión resultó inferior a 1,0 se valoraron como “inaceptables” (evaluación de la capacidad de extrusión).

20

25

TABLA 1

Nº	Composición (% en masa)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Ti	Sr	Zr
A	0,05	0,15	0	0,5	0	0	0
B	0,05	0,15	0	1,7	0	0	0
C	0,05	0,15	0	0,7	0	0	0
D	0,05	0,15	0	0,7	0,15	0	0
E	0,05	0,15	0	0,7	0	0,03	0
F	0,05	0,15	0	0,7	0	0	0,15
G	0,05	0,15	0	0,7	0,15	0,03	0
H	0,05	0,15	0	0,7	0	0,03	0,15
I	0,05	0,15	0	0,7	0,15	0	0,15
J	0,05	0,15	0	0,7	0,15	0,03	0,15
K	0,05	0,15	0,03	0,7	0	0	0

TABLA 2

Nº	Composición (% en masa)						
	Si	Fe	Cu	Mn	Ti	Sr	Zr
L	0,05	0,15	0	0,4	0	0	0
M	0,05	0,15	0	1,8	0	0	0
N	0,05	0,15	0	0,7	0,35	0	0
O	0,05	0,15	0	0,7	0	0,20	0
P	0,05	0,15	0	0,7	0	0	0,35
Q	0,15	0,15	0	0,7	0	0	0
R	0,05	0,15	0,15	0,7	0	0	0
S	0,05	0,15	0,01	0,01	0	0	0
T	0,05	0,15	0,4	0,1	0	0	0

TABLA 3

Nº	Relación de la velocidad crítica de extrusión	Evaluación	Resistencia tras la soldadura fuerte (MPa)	Evaluación
A	1,41	Aceptable	75	Aceptable
B	1,00	Aceptable	115	Aceptable
C	1,33	Aceptable	80	Aceptable
D	1,29	Aceptable	83	Aceptable
E	1,29	Aceptable	80	Aceptable

F	1,29	Aceptable	80	Aceptable
G	1,15	Aceptable	84	Aceptable
H	1,15	Aceptable	81	Aceptable
I	1,15	Aceptable	84	Aceptable
J	1,10	Aceptable	84	Aceptable
K	1,30	Aceptable	82	Aceptable

TABLA 4

Nº	Relación de la velocidad crítica de extrusión	Evaluación	Resistencia tras la soldadura fuerte (MPa)	Evaluación
L	1,42	Aceptable	70	Inaceptable
M	0,9	Inaceptable	120	Aceptable
N	0,95	Inaceptable	90	Aceptable
O	0,95	Inaceptable	85	Aceptable
P	0,95	Inaceptable	85	Aceptable
Q	1,21	Aceptable	81	Aceptable
R	0,95	Inaceptable	87	Aceptable
S	1,58	Aceptable	60	Inaceptable
T	1,00	-	75	-

TABLA 5

Nº	Primera etapa		Enfriamiento a temperatura ambiente (tratamiento en dos etapas)	Segunda etapa		Relación de la velocidad crítica de extrusión	Evaluación
	Temperatura (°C)	Duración (h)		Temperatura (°C)	Duración (h)		
C	500	10	-	-	-	1,12	Aceptable
C	600	10	-	-	-	1,33	Aceptable
C	600	10	No	500	10	1,45	Aceptable
C	600	10	Sí	500	10	1,47	Aceptable

5

TABLA 6

Nº	Primera etapa		Enfriamiento a temperatura ambiente (tratamiento en dos etapas)	Segunda etapa		Relación de la velocidad crítica de extrusión	Evaluación
	Temperatura (°C)	Duración (h)		Temperatura (°C)	Duración (h)		
C	600	2	-	-	-	0,97	Inaceptable
C	380	10	-	-	-	0,92	Inaceptable
C	600	1	No	500	2	0,88	Inaceptable
C	530	10	No	450	10	0,93	Inaceptable
T	600	10	-	-	-	1,00	-

Como se indica en las tablas 3 hasta 6, las aleaciones de la presente invención A hasta K mostraron una excelente relación de velocidad crítica de extrusión y una excelente resistencia en comparación con las aleaciones comparativas L hasta T. El lingote obtenido por colada de la aleación C según la presente invención y sometido al tratamiento de homogeneización bajo las condiciones que caen dentro del alcance de la presente invención mostró una excelente relación de velocidad crítica de extrusión y una excelente resistencia en comparación con la aleación T.

10

15 Ejemplo 2

Las aleaciones a hasta I (aleaciones para producir un material de aleta), cuya composición está indicada en la tabla 7 se moldearon en planchas. Cada plancha se homogeneizó y se laminó en caliente y en frío para obtener un material de aleta de 0,1 mm de espesor. Después el material de la aleta se corrugó (paso de la aleta: 3 mm, altura de la aleta: 7 mm). Se preparó un material de recubrimiento mezclando polvo de Si, polvo de KZnF₃, un fundente en polvo libre de Zn (fundente de Nocolok) y un aglutinante de resina acrílica (la relación de mezcla figura en la tabla 9). El material de recubrimiento se aplicó mediante rodillo a la superficie del tubo de refrigerante. El tubo de refrigerante y la aleta corrugada se ensamblaron (véase tabla 9) y se soldaron para obtener un núcleo de intercambiador de calor (material de ensayo). El estado de producción del núcleo del intercambiador de calor (material de ensayo) se muestra en la tabla 9. Un caso en el cual el núcleo del intercambiador de calor fue producido sin ningún problema se valoró como "aceptable" y un caso en el que ocurrió un problema durante la producción del núcleo del intercambiador de calor se valoró como "inaceptable". El tubo refrigerante se homogeneizó a 600°C durante 10 horas. Para soldar el tubo de refrigerante con la aleta se calentaron ambos hasta 600°C en una atmósfera de gas nitrógeno a una velocidad media de incremento de temperatura de 50°C/min, se mantuvieron a dicha temperatura durante 3 minutos y se enfriaron a la temperatura ambiente.

20

25

30

Ejemplo comparativo 2

5 Las aleaciones m hasta x (aleaciones para producir un material de aleta), cuya composición está indicada en la tabla 8 se moldearon en planchas. Cada plancha se homogeneizó y se laminó en caliente y en frío para obtener un material de aleta de 0,1 mm de espesor. Después el material de la aleta se corrugó de la misma forma que en el ejemplo 2. Se preparó un material de recubrimiento mezclando polvo de Si, polvo de $KZnF_3$, un fundente en polvo exento de Zn (fundente de Nocolok) y un aglutinante de resina acrílica (la relación de mezcla figura en la tabla 10). El material de recubrimiento se aplicó mediante rodillo a la superficie del tubo de refrigerante. El tubo de refrigerante y la aleta corrugada se montaron (véase tabla 10) y se soldaron para obtener un núcleo de intercambiador de calor (material de ensayo). El estado de producción del núcleo del intercambiador de calor (material de prueba) se valoró de la misma forma que en el ejemplo 2. Los resultados están indicados en la tabla 10. Obsérvese que el tubo de refrigerante se homogeneizó y se soldó del mismo modo que en el ejemplo 2.

TABLA 7

Nº	Composición (% en masa)					
	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Otros
a	0,05	0,15	0	1,2	0,8	
b	0,05	0,15	0	1,2	3,0	
c	0,05	0,15	0	1,2	1,5	
d	0,05	0,15	0,15	1,2	2,5	
e	0,5	0,15	0	1,2	1,5	
f	0,5	0,15	0,15	1,2	2,5	
g	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Mg: 0,1
h	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Cr: 0,15
i	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Zr: 0,15
j	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Ti: 0,15
k	0,05	0,15	0	1,2	1,5	In: 0,05
l	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Sn: 0,05

TABLA 8

Nº	Composición (% en masa)					
	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Otros
m	0,05	0,15	0	1,2	0,3	
n	0,05	0,15	0	1,2	3,5	
o	1,3	0,15	0	1,2	1,5	
p	0,05	0,15	0	2,0	1,5	
q	0,5	1,0	0	1,2	1,5	
r	0,5	0,15	0	1,2	1,5	Mg: 0,6
s	0,05	0,15	0,5	1,2	1,5	
t	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Cr: 0,35
u	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Zr: 0,35
v	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Ti: 0,35
w	0,05	0,15	0	1,2	1,5	In: 0,15
x	0,05	0,15	0	1,2	1,5	Sn: 0,15

TABLA 9

Material de ensayo	Aleación del tubo de refrigerante	Material de recubrimiento (cantidad aplicada o contenido)						Aleación del material de aleta	Problema durante la producción del núcleo	Evaluación
		Poivo de Si (g/m ²)	Poivo de KZnF ₃ (g/m ²)	Fundente en poivo libre de Zn (g/m ²)	Resina acrílica aglutinante (%)	Mezcla de poivo (g/m ²)				
1	A	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
2	B	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
3	C	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
4	D	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
5	E	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
6	F	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
7	G	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
8	H	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
9	I	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
10	J	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
11	K	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
12	C	1	5	5	20	11	c	No	Aceptable	
13	C	4	5	5	20	14	c	No	Aceptable	
14	C	3	1	9	20	13	c	No	Aceptable	
15	C	3	3	7	20	13	c	No	Aceptable	
16	C	3	7	3	20	13	c	No	Aceptable	
17	C	3	9	1	20	13	c	No	Aceptable	
18	C	3	5	5	20	13	a	No	Aceptable	
19	C	3	5	5	20	13	b	No	Aceptable	
20	C	3	5	5	20	13	d	No	Aceptable	
21	C	3	5	5	20	13	e	No	Aceptable	

TABLA 10

Material de ensayo	Aleación del tubo de refrigerante	Material de recubrimiento (cantidad aplicada o contenido)						Aleación del material de aleta	Problema durante la producción del núcleo	Evaluación
		Polvo de Si (g/m ²)	Polvo de KZnF ₃ (g/m ²)	Fundente en polvo libre de Zn (g/m ²)	Resina acrílica aglutinante (%)	Mezcla de polvo (g/m ²)				
22	C	0,5	5	5	20	10,5	c	Aleta no unida	Inaceptable	
23	C	10	5	5	20	20	c	Aleta fundida al soldar	Inaceptable	
24	C	3	0,5	8,5	20	12	c	No	Aceptable	
25	C	3	10	1	20	14	c	No	Aceptable	
26	C	3	5	5	4	13	c	Aleta desprendida	Inaceptable	
27	C	3	5	5	45	13	c	Soldadura defectuosa	Inaceptable	
28	C	2	1	1	20	4	c	Soldadura defectuosa (poco fundente)	Inaceptable	
29	C	4	9	9	20	22	c	Reducción de las medidas del núcleo	Inaceptable	
30	C	3	5	5	20	13	m	No	Aceptable	
31	C	3	5	5	20	13	n	No	Aceptable	
32	C	3	5	5	20	13	o	Aleta fundida al soldar	Inaceptable	
33	C	1	5	5	20	11	p	Aleta fundida al soldar	Inaceptable	
34	C	4	5	5	20	14	q	No	Aceptable	
35	C	3	5	5	20	13	R	Aleta no unida	Inaceptable	
36	C	3	5	5	20	13	s	No	Aceptable	
37	C	3	5	5	20	13	t	Aleta rota al moldear	Inaceptable	
38	C	3	5	5	20	13	u	Aleta rota al moldear	Inaceptable	
39	C	3	5	5	20	13	v	Aleta rota al moldear	Inaceptable	
40	C	3	5	5	20	13	w	No	Aceptable	
41	C	3	5	5	20	13	x	No	Aceptable	
42	T	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	
43	T	3	5	5	20	13	c	No	Aceptable	

ES 2 668 285 T3

El núcleo del intercambiador de calor resultante (material de ensayo) se sometió a las siguientes pruebas 4, 5 y 6. Obsérvese que no se realizó el ensayo cuando hubo un problema al producir el núcleo del intercambiador de calor.

Ensayo 4

El núcleo del intercambiador de calor (material de ensayo) se sometió a una prueba de pérdidas para determinar la presencia o ausencia de fugas por defectos de la soldadura fuerte en la unión entre el cabezal y el tubo de refrigerante. Los resultados se indican en las tablas 11 y 12. Los casos en que no se produjeron fugas por defectos de la soldadura fuerte se valoraron como "aceptables" y se valoraron como "inaceptables" los casos en que se produjeron fugas por defectos de la soldadura fuerte.

Ensayo 5

Se midieron los potenciales del área superficial y del área profunda del tubo de refrigerante, el potencial del cordón de unión de la aleta y el potencial de la aleta incluida en el núcleo del intercambiador de calor (material de ensayo). El potencial del área superficial del tubo refrigerante y el potencial de la superficie del material de la aleta se midieron directamente después de efectuar la soldadura fuerte. El potencial del área profunda del tubo de refrigerante se midió mirando hacia el tubo refrigerante a una profundidad de 150 μm desde la superficie y midiendo el potencial del área en la cual no hubo difusión de Zn. El potencial del cordón de unión de la aleta se midió en un estado en que el cordón estaba expuesto y el área fuera del cordón se enmascaró con un material de recubrimiento aislante. Para medir su potencial, el material se sumergió en una solución acuosa de NaCl al 5% (pH ajustado a 3 con ácido acético) durante 24 horas y se usó el valor promedio de los valores estables medidos después de sumergir el material durante 10 horas o más. Como electrodo de referencia se empleó un electrodo saturado de calomelanos. Los resultados figuran en las tablas 11 y 12. Los casos en que el potencial disminuyó desde el área profunda del tubo de refrigerante hacia el área superficial del tubo de refrigerante, el cordón de unión de la aleta y el material de la aleta se valoró como "aceptable" y los casos en que el potencial no disminuyó desde el área profunda del tubo de refrigerante hacia el área superficial del tubo de refrigerante, el cordón de unión de la aleta y el material de la aleta se valoró como "inaceptable".

TABLA 11

Material de ensayo	Fuga en la unión entre el cabezal y el tubo de refrigerante	Evaluación	Potencial del tubo de refrigerante		Potencial del cordón de unión de la aleta (mV vs. SCE)	Potencial del material de la aleta (mV vs. SCE)	Orden del potencial
			Área profunda (mV vs. SCE)	Área superficial (mV vs. SCE)			
1	No	Aceptable	- 750	- 800	- 805	- 815	Aceptable
2	No	Aceptable	- 720	- 770	- 805	- 815	Aceptable
3	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
4	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
5	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
6	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
7	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
8	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
9	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
10	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
11	No	Aceptable	- 730	- 785	- 805	- 815	Aceptable
12	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
13	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
14	No	Aceptable	- 740	- 770	- 780	- 815	Aceptable
15	No	Aceptable	- 740	- 780	- 790	- 815	Aceptable
16	No	Aceptable	- 740	- 800	- 810	- 815	Aceptable
17	No	Aceptable	- 740	- 810	- 813	- 815	Aceptable
18	No	Aceptable	- 740	- 780	- 783	- 785	Aceptable
19	No	Aceptable	- 740	- 800	- 850	- 900	Aceptable
20	No	Aceptable	- 740	- 795	- 798	- 800	Aceptable
21	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 810	Aceptable

TABLA 12

Material de ensayo	Fuga en la unión entre el cabezal y el tubo de refrigerante	Evaluación	Potencial del tubo de refrigerante		Potencial del cordón de unión de la aleta (mV vs. SCE)	Potencial del material de la aleta (mV vs. SCE)	Orden del potencial
			Área profunda (mV vs. SCE)	Área superficial (mV vs. SCE)			
22	No medido		No medido				
23	No medido		No medido				
24	No	Aceptable	- 740	- 740	- 750	- 815	Inaceptable
25	No	Aceptable	- 740	- 815	- 825	- 815	Inaceptable
26	No medido		No medido				
27	No medido		No medido				
28	No medido		No medido				
29	No medido		No medido				
30	No	Aceptable	- 740	- 775	- 780	- 730	Inaceptable
31	No	Aceptable	- 740	- 810	- 860	- 950	Aceptable
32	No medido		No medido				
33	No medido		No medido				
34	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 815	Aceptable
35	No medido		No medido				
36	No	Aceptable	- 740	- 790	- 800	- 705	Inaceptable
37	No medido		No medido				
38	No medido		No medido				
39	No medido		No medido				
40	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 865	Aceptable
41	No	Aceptable	- 740	- 790	- 805	- 865	Aceptable
42	Sí	Inaceptable	No medido				
43	Sí	Inaceptable	No medido				

Ensayo 6

- 5 El núcleo del intercambiador de calor (material de ensayo) se sometió al ensayo SWAAT, especificado en la norma ASTM-G85-Anexo A3, y al subsiguiente ensayo CCT durante 1.000 horas. En la prueba CCT se usó una solución de sal al 5% (cuyo pH se ajustó a 3 con ácido acético) como solución de ensayo. Después de pulverizar la solución de ensayo sobre el núcleo del intercambiador de calor a 35°C (temperatura atmosférica) durante 2 horas, el núcleo del intercambiador de calor se secó a 60°C durante 4 horas y se humedeció a 50°C durante 2 horas bajo una humedad relativa del 95% o más. Se repitió el ciclo anterior. En las tablas 13 y 14 se indica la profundidad máxima de corrosión del tubo de refrigerante, el estado de separación de la aleta y el estado de corrosión de la aleta después de la ensayo. Los casos en que la profundidad máxima de corrosión del tubo de refrigerante fue de 0,05 mm o menos se valoraron como “excelentes”, los casos en que la profundidad máxima de corrosión del tubo refrigerante fue superior a 0,05 mm e igual o inferior a 0,10 mm o menos se valoraron como “buenos”, los casos en que la profundidad máxima de corrosión del tubo refrigerante fue superior a 0,10 mm e igual o inferior a 0,20 mm se valoraron como “medios” y los casos en que la profundidad máxima de corrosión del tubo refrigerante fue superior a 0,20 mm se valoraron como “malos”. El punto “separación de la aleta” indica si hubo o no desprendimiento de la aleta. Aquellos casos en que la aleta solo se corroyó en pequeña medida se valoraron como “excelentes”, aquellos casos en que la aleta se corroyó ligeramente se valoraron como “buenos”, aquellos casos en que la aleta se corroyó en cierta medida se valoraron como “medios” y aquellos casos en que la aleta se corroyó notablemente se valoraron como “malos”.

TABLA 13

Material de ensayo	Ensayo SWAAT – 1.000 h				Ensayo CCT – 1.000 h			
	Corrosión máxima del tubo		Separación de la aleta	Corrosión de la aleta	Corrosión máxima del tubo		Separación de la aleta	Corrosión de la aleta
1	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
2	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
3	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
4	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
5	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
6	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
7	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
8	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
9	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
10	0,03	Excelente	No	Buena	0,03	Excelente	No	Excelente
11	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
12	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
13	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
14	0,06	Buena	No	Buena	0,06	Buena	No	Excelente
15	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
16	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
17	0,04	Excelente	No	Buena	0,04	Excelente	No	Excelente
18	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
19	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
20	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente
21	0,05	Excelente	No	Buena	0,05	Excelente	No	Excelente

TABLA 14

Material de ensayo	Ensayo SWAAT – 1.000 h				Ensayo CCT – 1.000 h			
	Corrosión máxima del tubo		Separación de la aleta	Corrosión de la aleta	Corrosión máxima del tubo		Separación de la aleta	Corrosión de la aleta
22	No medida							
23	No medida							
24	0,30	Mala	No	Mala	0,30	Mala	No	Mala
25	0,05	Excelente	Sí	Buena	0,05	Excelente	Sí	Excelente
26	No medida							
27	No medida							
28	No medida							
29	No medida							
30	0,30	Mala	Sí	Buena	0,15	Media	Sí	Excelente
31	0,05	Excelente	No	Mala	0,05	Excelente	No	Mala
32	No medida							
33	No medida							
34	0,05	Excelente	No	Mala	0,05	Excelente	No	Mala
35	No medida							
36	0,30	Mala	Sí	Mala	0,15	Media	Sí	Mala
37	No medida							
38	No medida							
39	No medida							
40	0,05	Excelente	No	Mala	0,05	Excelente	No	Mala
41	0,05	Excelente	No	Mala	0,05	Excelente	No	Mala
42	No medida							
43	No medida							

- 5 Como se muestra en las tablas 11 a 14, los materiales de ensayo de la presente invención (núcleos de intercambiador de calor) nº 1 a 21 no presentaron fugas en la unión entre el cabezal y el tubo de refrigerante cuando se sometieron a la prueba de fugas después de la soldadura fuerte. Por el contrario los materiales de ensayo nº 42 y 43 presentaron fugas, ya que se empleó un tubo de refrigerante de aleación de aluminio puro o de Cu.
- 10 En los materiales de ensayo de la presente invención (núcleos de intercambiador de calor) nº 1 a 21, el potencial del área superficial del tubo de refrigerante fue inferior al del área profunda del tubo de refrigerante, el potencial del cordón de unión de aleta fue menor que el del área superficial del tubo de refrigerante y el potencial del material de la aleta fue menor que el del cordón de unión. En los materiales de ensayo (núcleos de intercambiador de calor) nº 22 a 43 se examinó el caso en el cual no se formó suficientemente una capa de difusión de Zn en el área superficial

del tubo refrigerante y no se obtuvo una diferencia de potencial suficiente entre el área superficial y el área profunda del tubo de refrigerante, el caso en el cual el cordón de la unión de la aleta tuvo el potencial más bajo o el caso en el cual el material de la aleta tuvo el potencial más bajo, pero el potencial del material de la aleta fue notablemente menor que el potencial del tubo refrigerante o del cordón de unión de la aleta.

5 Al someter los materiales de ensayo de la presente invención (núcleos de intercambiador de calor) nº 1 a 21 al ensayo SWAAT la profundidad máxima de corrosión fue pequeña (es decir, se obtuvo una excelente resistencia a la corrosión), ya que hubo una diferencia de potencial suficiente entre el área superficial y el área profunda del tubo de refrigerante. Como valor del potencial del cordón de unión de la aleta estaba comprendido entre el del área superficial del tubo de refrigerante y el del material de la aleta, no hubo desprendimiento de la aleta por corrosión preferente del cordón.

15 En el ensayo SWAAT, como la aleta hace el efecto de ánodo de sacrificio, la corrosión del material de la aleta varía dependiendo de la diferencia de potencial entre el área superficial del tubo refrigerante y el material de la aleta. En los núcleos del intercambiador de calor de la invención el material de la aleta se corroyó solo en pequeña medida debido a una diferencia de potencial apropiada entre el área superficial del tubo de refrigerante y el material de aleta. Además, como el potencial del material de la aleta fue menor que el del área profunda del tubo de refrigerante, el material de la aleta no aceleró la corrosión del tubo de refrigerante como cátodo.

20 Los materiales de ensayo (núcleos de intercambiador de calor) nº 24, 30 y 36 presentaron una gran profundidad de corrosión máxima, pues no se obtuvo una diferencia de potencial suficiente entre el área superficial y el área profunda del tubo refrigerante, o el potencial del material de la aleta fue más alto que el del área profunda del tubo de refrigerante. No hubo desprendimiento de la aleta en los materiales de ensayo (núcleos de intercambiador de calor) nº 25, 30 y 36, en los cuales el cordón de la unión de la aleta tenía el potencial más bajo.

25 El material de la aleta presentó una notable corrosión en los materiales de ensayo (núcleos de intercambiador de calor) nº 24, 31, 34, 36, 40 y 41, en los cuales el potencial del material de la aleta era considerablemente menor que el del área superficial del tubo de refrigerante o del cordón de unión de la aleta, debido a un alto contenido de Zn, un alto contenido de In y un alto contenido de Sn, o el material de la aleta presentó poca resistencia a la autocorrosión debido a un alto contenido de Fe y un alto contenido de Cu.

35 Las condiciones del ensayo CCT son similares a las condiciones del ambiente real debido a la etapa de secado. Sin embargo puede ser que la aleta no tenga el efecto de ánodo de sacrificio. Al someter los materiales de ensayo de la presente invención (núcleos de intercambiador de calor) nº 1 a 21 a la prueba CCT, la profundidad máxima de corrosión fue pequeña (es decir, se obtuvo una excelente resistencia a la corrosión), al igual que en la prueba SWAAT, ya que se obtuvo una diferencia de potencial suficiente entre el área superficial y el área profunda del tubo de refrigerante. Tampoco se observó ningún desprendimiento de la aleta debido a la corrosión y el material de la aleta solo se corroyó en pequeña medida. En los núcleos de intercambiador de calor nº 22 a 43 la profundidad máxima de corrosión del tubo refrigerante fue grande cuando la diferencia de potencial entre el área superficial y el área profunda del tubo refrigerante fue insuficiente. Se observó la misma tendencia que en el ensayo SWAAT para el desprendimiento de la aleta y la corrosión del material de la aleta.

40 Obviamente son posibles numerosas modificaciones y variaciones de la presente invención a la luz de las revelaciones anteriores. Por lo tanto debe entenderse que la presente invención se puede poner en práctica de otra manera que la específicamente descrita aquí, dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

45

REIVINDICACIONES

1. Método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio que consiste en aplicar un material de recubrimiento, preparado a base de una mezcla formada por Si en polvo, un fundente en polvo y un aglutinante, a la superficie plana de un tubo de refrigerante multipuerto, ensamblar una aleta descubierta de aleación de aluminio con el tubo plano de refrigerante multipuerto y soldar el tubo plano de refrigerante multipuerto y la aleta descubierta de aleación de aluminio para obtener un intercambiador de calor de aleación de aluminio, en el cual el tubo plano de refrigerante multipuerto está constituido por un material extruido de aleación de aluminio que contiene 0,6 hasta 1,7% en masa de Mn, menos del 0,10% en masa de Si y menos del 0,05% en masa de Cu, siendo el resto Al e impurezas inevitables, y la aleta descubierta de aleación de aluminio es una aleta corrugada que se obtiene reafirmando un material de aleación de Al-Mn-Zn, caracterizado porque:
- el material de recubrimiento se prepara mezclando Si en polvo, un compuesto fundente en polvo que lleva Zn, un compuesto fundente en polvo libre de Zn y un aglutinante; el polvo de Si se aplica en una cantidad de 1 a 4 g/m², el compuesto fundente en polvo que contiene Zn se aplica en una cantidad de 1 a 9 g/m², el compuesto fundente en polvo libre de Zn se aplica en una cantidad de 1 a 9 g/m²; el polvo de Si, el compuesto fundente en polvo que contiene Zn y el compuesto fundente en polvo libre de Zn se aplican en una cantidad de 5 a 20 g/m² en total, siendo el contenido de aglutinante en el material de recubrimiento del 5 al 40%, y el intercambiador de calor de aleación de aluminio obtenido por soldadura fuerte tiene una estructura en que un área profunda del tubo de refrigerante tiene el potencial más alto, y el potencial disminuye desde dicha área superficial del tubo de refrigerante hacia el cordón de unión de la aleta y la aleta.
2. El método según la reivindicación 1, en el cual el material extruido de aleación de aluminio que forma el tubo de refrigerante contiene además uno o más elementos elegidos entre 0,30% en masa o menos de Ti, 0,10% en masa o menos de Sr y 0,30% en masa o menos de Zr.
3. El método según la reivindicación 1 o 2, en que el polvo de Si tiene un tamaño de partícula máximo de 35 µm o menos.
4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en que el compuesto fundente en polvo que lleva Zn es KZnF₃.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en que compuesto fundente en polvo que lleva Zn es un fluoroaluminato de potasio.
6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual la aleta descubierta de aleación de aluminio está formada por una aleación de aluminio que contiene 0,1 a 1,8% en masa de Mn y 0,8 a 3,0% en masa de Zn, siendo el resto Al e impurezas inevitables.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual la aleta descubierta de aleación de aluminio está formada por una aleación de aluminio que contiene 0,1 a 1,8% en masa de Mn, 0,8 a 3,0% en masa de Zn y uno o más elementos elegidos entre 0,1 a 1,2% en masa de Si, 0,01 a 0,8% en masa de Fe, 0,05 a 0,5% en masa de Mg, 0,3% en masa o menos de Cu, 0,3% en masa o menos de Cr, 0,3% en masa o menos de Zr y 0,3% en masa o menos de Ti, siendo el resto Al e impurezas inevitables.
8. El método según la reivindicación 6 o 7, en el cual la aleación de aluminio que forma la aleta descubierta de aleación de aluminio contiene además uno o más elementos entre 0,001 a 0,10% en masa de In y 0,001 a 0,10% en masa de Sn.
9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual el material extruido de la aleación de aluminio que forma el tubo de refrigerante se obtiene colando un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización que lo mantiene a 400 hasta 650°C durante 4 horas o más y extruyendo el lingote en caliente.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual el material excluido de aleación de aluminio que forma el tubo de refrigerante se obtiene colando un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización y extruyendo el lingote en caliente, y el tratamiento térmico de homogeneización incluye una primera etapa de tratamiento térmico que mantiene el lingote a 550 hasta 650°C durante 2 horas o más, y una segunda etapa de tratamiento térmico en la cual el lingote procedente del primer tratamiento térmico se enfría a 400 hasta 550°C y se mantiene a 400 hasta 550°C durante 3 horas o más.
11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el cual el material excluido de aleación de aluminio que forma el tubo de refrigerante se obtiene colando un lingote, sometiendo el lingote a un tratamiento térmico de homogeneización y extruyendo el lingote en caliente, y el tratamiento térmico de homogeneización incluye una primera etapa de tratamiento térmico que mantiene el lingote a 550 hasta 650°C durante 2 horas o más, y una

ES 2 668 285 T3

segunda etapa de tratamiento térmico en la cual el lingote procedente del primer tratamiento térmico se enfría a 200°C o menos y se mantiene a 400 hasta 550°C durante 3 horas o más.