

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 873**

51 Int. Cl.:

B23K 35/363	(2006.01) B23K 103/10	(2006.01)
B23K 1/00	(2006.01)	
B23K 1/19	(2006.01)	
B23K 3/06	(2006.01)	
B23K 35/28	(2006.01)	
C22C 21/00	(2006.01)	
F28D 1/053	(2006.01)	
F28F 19/06	(2006.01)	
F28F 21/08	(2006.01)	
B23K 101/14	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.04.2015** **PCT/JP2015/062739**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2015** **WO15182318**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2015** **E 15800648 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018** **EP 3150327**

54 Título: **Tubo de intercambiador de calor, método para fabricar un intercambiador de calor y pasta de soldadura usada para revestir sobre el tubo de intercambiador de calor**

30 Prioridad:

26.05.2014 JP 2014108119

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.10.2018

73 Titular/es:

UACJ CORPORATION (50.0%)
1-7-2, Otemachi, Chiyoda-ku
Tokyo 100-0004, JP y
HARIMA CHEMICALS, INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

YAMASHITA, NAOKI;
KUMAGAI, HIDETOSHI y
KIGA, DAIGO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 686 873 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

Tubo de intercambiador de calor, método para fabricar un intercambiador de calor y pasta de soldadura usada para revestir sobre el tubo de intercambiador de calor

Campo técnico

La presente invención se refiere a un tubo de intercambiador de calor, a un método para fabricar un intercambiador de calor en el que se usa el tubo de intercambiador de calor y a una pasta de soldadura fuerte que se usa en la soldadura fuerte del intercambiador de calor.

Antecedentes en la técnica

Las aleaciones de aluminio que son ligeras y tienen alta conductividad térmica se usan frecuentemente en intercambiadores de calor de automóviles, tales como en evaporadores y condensadores. Un intercambiador de calor comprende tubos, a través de los cuales fluye un refrigerante, y aletas para intercambiar el calor entre el refrigerante y el aire en el lado exterior de los tubos; los tubos y las aletas se unen mediante soldadura fuerte. A menudo se usa un fundente de fluoruro en la unión de los tubos y las aletas.

Si se produce una perforación en un tubo que se usa en un intercambiador de calor de automóvil debida a la corrosión durante su uso, entonces se perderá refrigerante y, por consiguiente, el intercambiar de calor ya no será capaz de servir para su función. Por lo tanto, con el fin de aumentar la resistencia a la corrosión, se forma una capa de ánodo sacrificial sobre la superficie de cada tubo. De forma convencional, en lo que se refiere al método que forma la capa de ánodo sacrificial, se usa un método en el que se adhiere Zn (cinc) con antelación a la superficie del tubo mediante pulverización térmica o similar, y el Zn se difunde por calentamiento durante la soldadura fuerte. De acuerdo con tal método, se forma una capa de difusión de Zn, que constituye un ánodo sacrificial, sobre la superficie del tubo después de la soldadura fuerte, lo que hace posible inhibir el progreso de la corrosión en la dirección de espesor de la placa.

No obstante, en el método mencionado anteriormente, se vuelve necesaria una operación que adhiera el Zn sobre la superficie del tubo con antelación. Además, si se usa el método mencionado anteriormente, entonces se debe proporcionar un material de aporte sobre el lado de la aleta, y por lo tanto es necesario fabricar las aletas usando material de revestimiento revestido con material de aporte. Por consiguiente, es difícil reducir el coste de fabricación, el coste de materiales, etc.

Se ha propuesto una técnica (Documento de Patente 1) para solucionar estos problemas, en la que se forma una capa de fundente que contiene un polvo de Si (silicio), un fundente que contiene Zn, y un aglutinante sobre la superficie del tubo. La capa de fundente que tiene la composición mencionada anteriormente se puede adherir simultáneamente a todos los componentes del material de aporte, Zn, y fundente en un único proceso de adherencia. Además, debido a que no existe la necesidad de proporcionar material de aporte sobre el lado de la aleta, las aletas se pueden preparar usando material de aleta desnudo. Por lo tanto, se puede conseguir una reducción de coste.

Por ejemplo, si se usa la capa de fundente mencionada anteriormente que contiene $KZnF_3$ como fundente que contiene Zn, entonces el componente de fundente y el Zn se producen de acuerdo con la siguiente fórmula de reacción.



Basándose en la fórmula de reacción anterior, el fundente que contiene Zn no hace solo las funciones de los componentes de Zn y fundente, sino que en su lugar hace las funciones de componentes de Zn y fundente mediante la precipitación de Zn por reacción con el Al (aluminio) del tubo y mediante la producción de fluoruros de potasio y aluminio, que son los componentes del fundente. Por lo tanto, si se usa un fundente que contiene Zn, entonces la reacción mencionada anteriormente progresa en la interfase entre la capa de fundente y el tubo, es decir, en la vecindad de la superficie exterior del tubo.

Además, en lo que respecta a una técnica que adhiere simultáneamente todos los componentes de Zn y fundente en un único proceso de adhesión, se ha propuesto una técnica (Documento de Patente 2), en la que se aplica una composición de soldadura fuerte, que está hecha por mezcla de polvo de Si, polvo de Zn, y fundente de K-Al-F, sobre la superficie exterior del tubo. Si se usa esta composición de soldadura fuerte, entonces se puede conseguir una reducción de coste, al igual que se ha mencionado anteriormente.

El documento de Patente EP 2 578 344 A1 se refiere a un método para producir un intercambiador de calor de aleación de aluminio. El documento de Patente WO 2014/065074 A1 se refiere a una composición de soldadura fuerte, a un tubo para un intercambiador de calor, y a un intercambiador de calor.

Bibliografía de la técnica anterior

Documentos de Patente

Documento de Patente 1 - Publicación PCT n.º WO 2011/090059

5 Documento de Patente 2 - Publicación de Patente Japonesa Abierta a la inspección pública n.º 2014-83570.

Sumario de la invención**Problemas a resolver por la invención**

10 Para reducir la carga medioambiental, se ha producido una demanda creciente en los últimos años de mejorar el consumo de combustible de los automóviles por reducción del peso de las partes componentes. Desde tal punto de vista, en lo que respecta a los tubos intercambiadores de calor cuyo espesor de pared sea menor que el de la técnica convencional, existe una gran demanda de una resistencia a la corrosión que sea mayor que la de la técnica

15 convencional. Esto significa que se debe formar una capa de difusión de Zn más profunda y más altamente concentrada por adhesión de una mayor cantidad de Zn a la superficie del tubo que en la técnica convencional y a continuación calentando tal tubo, aumentando de ese modo la vida útil por protección frente a la corrosión mediante un ánodo sacrificial.

20 No obstante, de acuerdo con la técnica del Documento de Patente 1, debido a que no sería necesario aumentar el contenido del fundente que contiene Zn que se adhiere al tubo, la capa entera de fundente se volvería más gruesa. En este caso, debido a que la reacción del fundente que contiene Zn transcurrirá en la superficie exterior del tubo que se ha descrito anteriormente, se produciría el problema de que quedaría fundente que contiene Zn sin reaccionar en la vecindad de una parte de la capa superficial de la capa de fundente, fundente que contiene Zn sin

25 reaccionar que se separa de la superficie exterior del tubo. Esto significa que, incluso si se aplica una gran cantidad de fundente que contiene Zn, existe un límite para la formación de una capa de difusión de Zn profunda y altamente concentrada sobre la superficie exterior del tubo, lo que significa que no se espera que aumente la resistencia a la corrosión.

30 Por otra parte, en la técnica del Documento de Patente 2, la cantidad total de la película de óxido presente sobre la superficie del polvo de Zn aumenta en proporción al contenido del polvo de Zn. Por lo tanto, en la técnica del Documento de Patente 2, si se realiza el intento de hacer que la cantidad total de Zn de la capa de fundente sea igual que en la técnica del Documento de Patente 1, entonces es necesario aumentar el contenido del fundente de K-Al-F con el fin de eliminar la película de óxido presente sobre la superficie del polvo de Zn. Como resultado de lo

35 anterior, los presentes inventores han descubierto que la cantidad total de polvo de Si, polvo de Zn, y fundente de K-Al-F contenida en la capa de fundente se vuelve mayor que en el caso del Documento de Patente 1. Si la cantidad total de estos polvos y el fundente es elevada, entonces la capa de fundente se vuelve gruesa y, por lo tanto, cuando se lleva a cabo la soldadura fuerte para unir el tubo a la aleta, la holgura entre el tubo y la aleta, que resulta cuando la capa de fundente se funde debido al calentamiento, se vuelve mayor y, a su vez, las dimensiones del

40 intercambiador de calor completo se reducen de forma adversa. Por lo tanto, para prevenir tales problemas, es preferente hacer el espesor de la capa de fundente tan delgado como sea posible.

La presente invención se concibió teniendo en cuenta estos antecedentes, y un objetivo de la presente invención es proporcionar un tubo de intercambiador de calor que tiene una resistencia a la corrosión superior, puede prevenir

45 cambios dimensionales durante la soldadura, y en el que es fácil reducir el peso y el coste; proporcionar un intercambiador de calor que usa un tubo de intercambiador de calor; y proporcionar una pasta de soldadura fuerte que se usa en la fabricación del intercambiador de calor.

Medios para resolver los problemas

50 En un aspecto, la presente invención proporciona un tubo de intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un método para fabricar un intercambiador de calor de acuerdo

55 con la reivindicación 11.

En otro aspecto más, la presente invención proporciona una pasta de soldadura fuerte de acuerdo con la reivindicación 12. Las realizaciones adicionales de la presente invención se exponen en las reivindicaciones

60 dependientes.

Efectos de la invención

El tubo de intercambiador de calor (denominado en lo sucesivo en el presente documento "tubo" cuando sea apropiado) comprende un cuerpo principal de tubo compuesto de una aleación de aluminio. Por lo tanto, el tubo es

65 ligero y tiene una conductividad térmica superior.

Además, el revestimiento incluye una mezcla de polvo, que incluye cuatro tipos de polvo, es decir, polvo de Si (silicio), polvo de Zn (cinc), un primer polvo de fundente, y un segundo polvo de fundente. Estos cuatro tipos de polvo exhiben cada uno sus características respectivas; además, exhiben efectos sinérgicos por interacción entre sí, y de ese modo se pueden conseguir fácilmente una capacidad de soldadura y una resistencia a la corrosión superiores.

Es decir, debido al calentamiento durante la soldadura, el polvo de Si incluido en la mezcla de polvo mencionada anteriormente reacciona con el Al del cuerpo principal de tubo mencionado anteriormente, y de ese modo se puede producir un material de aporte en fase líquida compuesto de una aleación de Al-Si. De ese modo, se pueden unir conjuntamente el tubo mencionado anteriormente y la aleta mencionada anteriormente.

Debido a que el primer polvo de fundente mencionado anteriormente consiste en un compuesto de K-Zn-F, reacciona con el Al del cuerpo principal de tubo mencionado anteriormente, debido al calentamiento durante la soldadura, para producir el componente o componentes de fundente y el Zn. De ese modo, la soldadura se hace posible y el Zn se difunde en el cuerpo principal de tubo mencionado anteriormente para formar una capa de difusión de Zn. Además, debido a la formación de la capa de difusión de Zn, se puede formar un gradiente de potencial eléctrico en el que, desde la superficie a una parte profunda del cuerpo principal de tubo mencionado anteriormente, la superficie llega a tener un potencial menor y la parte profunda llega a tener un potencial mayor, y de ese modo la parte de la capa superficial sirve como ánodo sacrificial y la parte profunda se puede proteger frente a la corrosión.

No obstante, como se ha descrito anteriormente, debido a que la reacción del primer polvo de fundente transcurre en la superficie exterior del cuerpo principal de tubo, si el contenido del primer polvo de fundente se hace elevado con el fin de obtener mayor resistencia a la corrosión, entonces el revestimiento en su totalidad se vuelve grueso. Por consiguiente, el primer polvo de fundente tendería a permanecer en un estado sin reaccionar en la vecindad de la parte de la capa superficial del revestimiento, que se separa de la superficie exterior del cuerpo principal de tubo. De ese modo, incluso si se aumentara el contenido del primer polvo de fundente, es difícil formar, sobre la superficie del cuerpo principal de tubo, una capa de difusión de Zn que tenga una alta concentración y sea profunda.

En la presente invención, con el fin de compensar la insuficiencia de la cantidad de Zn mientras se previene que quede primer polvo de fundente sin reaccionar, se reduce el contenido del primer polvo de fundente, y la cantidad de Zn que ha llegado a ser insuficiente debido a la reducción del primer polvo de fundente se compensa mediante el polvo de Zn. Además, en la presente invención, la película de óxido que queda sobre la superficie del polvo de Zn se elimina durante la soldadura, y se mezcla además el segundo polvo de fundente con el fin de humedecer la superficie del cuerpo principal del tubo.

En la presente invención, la mezcla de polvo tiene la composición que se ha especificado anteriormente y, de ese modo, además del Zn producido por el primer polvo de fundente que reacciona con el Al del cuerpo principal del tubo, el Zn producido por la fusión del polvo de Zn también se difunde en el cuerpo principal del tubo. Por consiguiente, se puede formar una capa de difusión de Zn que tiene una alta concentración y es profunda sobre la superficie del cuerpo principal del tubo, y de ese modo se puede aumentar la resistencia a la corrosión.

Por otra parte, si se realizara el intento de obtener la cantidad de Zn necesaria para formar la capa de difusión de Zn por mezcla del segundo polvo de fundente y el polvo de Zn sin usar el primer polvo de fundente, entonces sería necesaria una gran cantidad de polvo de Zn. En relación con esto, debido a que la cantidad total de película de óxido del polvo de Zn también aumentaría, sería necesario aumentar el contenido del segundo polvo de fundente para eliminar la parte aumentada de película de óxido. En la presente invención, mediante la mezcla del primer polvo de fundente mencionado anteriormente, se puede disminuir el contenido del polvo de Zn. Por consiguiente, además del polvo de Zn, también se puede disminuir el contenido del segundo polvo de fundente y, a su vez, se puede disminuir la cantidad total de la mezcla de polvo. Además, el revestimiento en su conjunto se puede hacer delgado mediante la reducción de la cantidad total de la mezcla de polvo y, cuando se lleva a cabo la soldadura, se puede disminuir la holgura entre el tubo y la aleta, que se crea por la fusión del revestimiento mencionado anteriormente debido al calentamiento. Por consiguiente, es posible prevenir la disminución de las dimensiones del núcleo global del intercambiador de calor resultante.

Como se ha descrito anteriormente, el tubo tiene una resistencia a la corrosión superior debido a que se puede formar con facilidad una capa de difusión de Zn que tiene una alta concentración y es profunda. Además, el espesor de la pared del tubo se puede hacer delgado mientras se asegura una resistencia a la corrosión suficiente y, de ese modo, el tubo se puede hacer ligero con facilidad. Por lo tanto, el tubo se puede usar de forma adecuada, por ejemplo, para uso en automóviles, que es un entorno sumamente corrosivo.

Además, en el intercambiador de calor, el tubo del intercambiador de calor, y la aleta y el colector, que están compuestos por aleación de aluminio, se unen mediante soldadura. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente, tiene una resistencia a la corrosión superior y se puede hacer ligero con facilidad.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una vista oblicua de un tubo de intercambiador de calor de acuerdo con el ejemplo de trabajo 1.

La Figura 2 es una vista oblicua de un intercambiador de calor que se preparó usando el tubo de intercambiador de calor de acuerdo con el ejemplo de trabajo 1.

Modos para llevar a cabo la invención

La configuración del tubo mencionado anteriormente se explica a continuación con detalle.

(Cuerpo principal del tubo)

La configuración del cuerpo principal del tubo no se limita de forma particular y se puede seleccionar según sea apropiado de acuerdo con la aplicación, las características requeridas, etc. Por ejemplo, el cuerpo principal del tubo se puede formar por extrusión y se puede configurar como un tubo de múltiples orificios extruido que tiene internamente una pluralidad de vías de paso de refrigerante. Además, el cuerpo principal del tubo puede tener una forma tal como una forma sencilla de tubo. En este caso, el cuerpo principal del tubo se puede fabricar por extrusión o se puede fabricar por doblado de un material de placa.

El cuerpo principal del tubo está compuesto de una aleación de aluminio. Aquí, la "aleación de aluminio" mencionada anteriormente es una expresión general que incluye tanto aluminio puro como aleaciones de aluminio. Se pueden utilizar aleaciones de aluminio de diversas composiciones químicas como la aleación de aluminio usada en el cuerpo principal del tubo.

Por ejemplo, una composición química que está restringida a Cu: 0,05 % (% en masa, del mismo modo en lo sucesivo) o menos, siendo el resto Al e impurezas inevitables, puede servir como la composición química de la aleación de aluminio mencionada anteriormente. Los intervalos de contenido preferentes y similares de cada elemento basados en esta composición química se explican a continuación.

• Cu (Cobre): 0,05 % o menos

El Cu, hasta cierto punto, está contenido en la mezcla como una impureza inevitable. Si el contenido de Cu del cuerpo principal del tubo es elevado, entonces existe el riesgo de que disminuya la resistencia a la corrosión intrínseca del cuerpo principal del tubo. Por consiguiente, desde el punto de vista del aumento de la resistencia a la corrosión, el contenido de Cu se restringe preferentemente a un 0,05 % o menos.

Se conoce en la técnica convencional que, cuando se añade Zn a Al, el potencial eléctrico se hace menor, y cuando se añade Cu o Si, el potencial eléctrico se hace mayor. Los presentes inventores han descubierto que, en el caso en el que coexisten Zn, Cu, y Si, el efecto de hacer mayor el potencial eléctrico - debido al efecto sinérgico de Cu y Si - se vuelve elevado en comparación con el caso en el que solo están presentes Cu o Si; por lo tanto, se vuelve difícil obtener el efecto de aumentar la resistencia a la corrosión usando Zn.

Es decir, si se lleva a cabo la soldadura usando el tubo mencionado anteriormente, se forma una capa de difusión de Zn mediante la difusión de Zn en la dirección de profundidad desde la superficie del cuerpo principal del tubo. Además, de forma simultánea a la difusión del Zn, el Si suministrado desde las partículas de Si también se difunde en la dirección de profundidad, y de ese modo se forma una capa de difusión de Si. Por consiguiente, si el contenido de Cu incluido en el cuerpo principal del tubo es excesivamente alto con respecto a la concentración de Zn en la capa de difusión de Zn mencionada anteriormente, entonces el efecto del Zn de hacer menor el potencial eléctrico se compensa mediante el efecto de la capa de difusión de Si y el Cu que hacen mayor el potencial eléctrico; por lo tanto, se vuelve difícil hacer que el potencial eléctrico sobre el lado superficial del cuerpo principal del tubo sea mucho menor que el potencial eléctrico de la parte profunda.

Por otra parte, si la cantidad de polvo de Zn en un revestimiento aumenta con el fin de conseguir que el efecto del Zn de hacer que sea menor el potencial eléctrico sea mayor que el efecto de la capa de difusión de Si y el Cu de hacer que el potencial eléctrico sea mayor, entonces la cantidad total de la película de óxido presente sobre la superficie del polvo de Zn también aumenta. En este caso, el contenido del segundo polvo de fundente mencionado anteriormente se debe aumentar con el fin de eliminar la parte de la película de óxido que se ha añadido, y por consiguiente el revestimiento mencionado anteriormente se vuelve grueso. Como resultado, la holgura entre el tubo mencionado anteriormente y la aleta mencionada anteriormente creada mediante la fusión del revestimiento mencionado anteriormente debido al calentamiento se vuelve grande, y por consiguiente existe el riesgo de que la disminución de las dimensiones del núcleo en su totalidad del intercambiador de calor se vuelva excesiva.

Por lo tanto, para evitar tal problema y aumentar la resistencia a la corrosión, es necesario tanto aumentar la resistencia a la corrosión intrínseca del cuerpo principal del tubo por disminución del contenido de Cu como formar un gradiente de potencial eléctrico en el que el lado superficial del cuerpo principal del tubo tiene un potencial suficientemente menor que el de la parte profunda. Mediante la restricción del contenido de Cu a un 0,05 % o

menos, se puede implementar tal gradiente de potencial eléctrico y de ese modo disminuir la resistencia a la corrosión. Desde el mismo punto de vista, es más preferente restringir el contenido de Cu a un 0,03 % o menos, y aún más preferente restringir el contenido de Cu a un 0,01 % o menos.

- 5 • Mn (Manganeso): 0,1 %-1,2 %

La aleación de aluminio mencionada anteriormente puede contener además Mn: 0,1 %-1,2 %. El Mn tiene la función de aumentar la resistencia mediante disolución sólida del Mn en la matriz de Al. Al hacer que el contenido de Mn sea un 0,1 % o más, se puede obtener un efecto de aumento de la resistencia suficiente. Por otra parte, si el contenido de Mn es más de un 1,2 %, entonces la trabajabilidad durante la extrusión disminuye y, por lo tanto, existe el riesgo de que disminuya la eficacia de producción del cuerpo principal del tubo mencionado anteriormente. Por lo tanto, desde el punto de vista de combinar tanto resistencia como productividad, el contenido de Mn es preferentemente un 0,1 %-1,2 % y más preferentemente un 0,2 %-1,0 %.

- 15 • Zr (Circonio): 0,01 %-0,30 %

La aleación de aluminio mencionada anteriormente puede contener además Zr: 0,01 %-0,30 %. Cuando la aleación de aluminio del cuerpo principal del tubo recristaliza debido al calentamiento durante la soldadura, el Zr hace la función de engrosar los granos recristalizados y reducir de ese modo la densidad del límite de grano. Si el contenido de Zr es un 0,01 % o más, entonces es posible prevenir que el material de aporte en fase líquida de la aleación de Al-Si producido durante la soldadura se infiltre en los límites cristal-grano de la matriz y prevenir de ese modo que se produzca corrosión preferencial en los límites de grano. Por otra parte, si el contenido de Zr es más de un 0,30 %, entonces se producen productos cristalizados enormes durante la colada y existe el riesgo de que se vuelva difícil fabricar un cuerpo principal de tubo adecuado. Por lo tanto, el contenido de Zr es preferentemente un 0,01 %-0,30 %.

- Cr (Cromo): 0,01 %-0,30 %

La aleación de aluminio mencionada anteriormente puede contener además Cr: 0,01 %-0,30 %. El Cr tiene la función de engrosar los granos recristalizados y de ese modo aumentar la densidad del límite de grano, al igual que el Zr. Al ajustar el contenido de Cr a un 0,01 % o más, es posible prevenir la aparición de corrosión preferencial en los límites de grano. Por otra parte, si el contenido de Cr es más de un 0,30 %, entonces se producen productos cristalizados enormes durante la colada, y por lo tanto existe el riesgo de que sea difícil fabricar un cuerpo principal de tubo adecuado. Por lo tanto, el contenido de Cr es preferentemente un 0,01 %-0,30 %.

- Ti (Titanio): 0,01 %-0,30 %

La aleación de aluminio mencionada anteriormente puede contener además Ti: 0,01 %-0,30 %. Si la aleación de aluminio contiene Ti, entonces se alternan en capas regiones de alta concentración, en las que la concentración de Ti es comparativamente alta, y regiones de baja concentración, en las que la concentración de Ti es comparativamente baja, en la dirección de espesor de la pared. Las regiones de baja concentración tienden a corroerse más que las regiones de alta concentración, y por lo tanto el progreso de la corrosión en la dirección de espesor de la pared se reduce mediante la formación de regiones de baja concentración de Ti de forma laminar. Como resultado, aumentan la resistencia a la corrosión por picadura y la resistencia a la corrosión por límite de grano. Además, el Ti hace la función de aumentar la resistencia a temperatura ambiente y a alta temperatura. Para obtener suficientemente estos efectos, el contenido de Ti es preferentemente un 0,01 % o más. Por otra parte, si el contenido de Ti es más de un 0,30 %, entonces se producen productos cristalizados enormes durante la colada, y por lo tanto existe el riesgo de que se vuelva difícil fabricar un cuerpo principal de tubo adecuado. Por lo tanto, el contenido de Ti es preferentemente un 0,01 %-0,30 %.

- Sr (Estroncio): 0,01 %-0,10 %

El Sr hace la función de refinar la estructura del eutéctico que cristaliza cuando el material de apoyo en fase líquida solidifica durante el enfriamiento y de distribuir uniformemente la estructura del eutéctico. Esta estructura del eutéctico se vuelve el sitio del ánodo, y por lo tanto la configuración de la corrosión se puede realizar en una forma plana mediante la distribución de la estructura del eutéctico. Como resultado, se puede aumentar la resistencia a la corrosión por picadura. Para obtener suficientemente el efecto de aumentar la resistencia a la corrosión por picadura, el contenido de Sr es preferentemente un 0,01 % o más. Por otra parte, si el contenido de Sr es más de un 0,10 %, entonces cristalizan compuestos de Al-Si-Sr, y por lo tanto existe el riesgo de que el refinado de la estructura del eutéctico se vuelva insuficiente. Por lo tanto, el contenido de Sr es preferentemente un 0,01 %-0,10 %.

- Si (Silicio): 0,05 %-0,30 %

Al coexistir con Mn, el Si precipita un compuesto intermetálico de Al-Mn-Si a medida que se aplica calor durante la soldadura. El compuesto intermetálico de Al-Mn-Si hace la función de engrosar los granos recristalizados, lo que hace posible reducir la densidad del límite de grano de la aleación de aluminio. Si el contenido de Si es un 0,05 % o

más, entonces los compuestos intermetálicos de Al-Mn-Si pueden precipitar lo suficiente. Como resultado, se puede evitar que el material de apoyo en fase líquida producido durante la soldadura se infiltre en los límites cristal-grano de la aleación de aluminio, y de ese modo se puede inhibir además la aparición de corrosión preferencial en los límites de grano. Por otra parte, si el contenido de Si es más de un 0,30 %, entonces el potencial eléctrico del cuerpo principal del tubo se vuelve mayor debido a la disolución sólida del Si, y por lo tanto existe el riesgo de que disminuya la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el contenido de Si es preferentemente un 0,05 %-0,30 %.

Zr, Cr, Ti, y Sr se pueden añadir independientemente o en forma de un material compuesto. Si estos elementos se añaden en forma de un material compuesto, entonces se pueden obtener los efectos aditivos de los elementos.

• Tratamiento de homogeneización

Si el cuerpo principal del tubo se fabrica por extrusión usando una aleación de aluminio que contiene Mn, entonces es preferente usar una aleación de aluminio que se haya sometido a un tratamiento de homogeneización en las siguientes condiciones.

En un primer aspecto del tratamiento de homogeneización, se lleva a cabo un tratamiento de homogeneización en el que un lingote de aleación de aluminio que tiene la composición química mencionada anteriormente se mantiene a una temperatura de 400 °C-650 °C durante el 2 horas o más. En este caso, los productos cristalizados gruesos formados durante la colada se descomponen o se granulan, y de ese modo es posible homogeneizar las estructuras heterogéneas, tales como capas de segregación, que se producen durante la colada. Como resultado, la resistencia durante la extrusión se puede reducir y de ese modo se puede aumentar la capacidad de extrusión. Además, se puede reducir la rugosidad superficial del producto después de la extrusión.

Sí la temperatura mantenida en el tratamiento de homogeneización es inferior a 400 °C, entonces existe el riesgo de que permanezcan los productos cristalizados gruesos, las estructuras heterogéneas mencionadas anteriormente, o similares, y existe el riesgo de que tal circunstancia conduzca a la disminución en la capacidad de extrusión, a un aumento en la rugosidad superficial, o similar. Cuanto mayor es la temperatura mantenida en el tratamiento de homogeneización, más se puede acortar el tiempo mantenido y de ese modo se puede aumentar más la productividad. Sin embargo, si la temperatura mantenida es superior a 650 °C, existe el riesgo de que tal circunstancia conduzca a la fusión del lingote. Por lo tanto, la temperatura mantenida en el tratamiento de homogeneización es preferentemente 450 °C-650 °C. Desde el mismo punto de vista, la temperatura mantenida en el tratamiento de homogeneización es preferentemente 430 °C-620 °C.

Además, desde el punto de vista de llevar a cabo suficientemente la homogeneización, el tiempo mantenido en el tratamiento de homogeneización es preferentemente 3 horas o más. Por otra parte, si el tiempo mantenido es más de 24 horas, entonces el efecto de homogeneización se vuelve saturado, y por lo tanto es difícil obtener un efecto que corresponda al tiempo mantenido. Por lo tanto, el tiempo mantenido en el tratamiento de homogeneización es preferentemente 3-24 horas.

En un segundo aspecto del tratamiento de homogeneización, se pueden llevar a cabo en combinación un primer tratamiento de homogeneización, en el que el lingote se mantiene a una temperatura comparativamente alta, y un segundo tratamiento de homogeneización, en el que el lingote se mantiene a una temperatura menor que la del primer tratamiento de homogeneización. En este caso, se puede aumentar además la capacidad de extrusión en caliente. Además, en la extrusión, las piezas de aluminio que se han acumulado en la boquilla se descargan de la boquilla cuando alcanzan un cierto tamaño, y de ese modo se producen defectos mediante la adhesión de estas piezas de aluminio a la superficie del tubo; sin embargo, el número de defectos mencionados anteriormente se puede reducir mediante la utilización del segundo aspecto mencionado anteriormente.

El primer tratamiento de homogeneización se lleva a cabo preferentemente manteniendo el lingote a una temperatura de 550 °C-650 °C durante 2 horas o más. En este caso, los productos cristalizados gruesos formados durante la colada no solo se descomponen o se granulan sino que también forman activamente solutos sólidos. La formación de solutos sólidos tiende a no progresar si la temperatura mantenida en el primer tratamiento de homogeneización es inferior a 550 °C. Cuanto mayor es la temperatura mantenida en el primer tratamiento de homogeneización, más corto se vuelve el tiempo mantenido y de ese modo se puede aumentar más la productividad. Sin embargo, si la temperatura mantenida en el primer tratamiento de homogeneización es superior a 650 °C, entonces existe el riesgo de que el lingote se funda. Por lo tanto, la temperatura mantenida en el primer tratamiento de homogeneización es preferentemente 550 °C-650 °C. Desde el mismo punto de vista, la temperatura mantenida en el primer tratamiento de homogeneización es más preferentemente 580 °C-620 °C.

Además, haciendo que el tiempo mantenido en el primer tratamiento de homogeneización sea de 2 horas o más, se puede implementar suficientemente la disolución sólida de los productos cristalizados. Si el tiempo mantenido es menos de 2 horas, entonces el efecto mencionado anteriormente se vuelve insuficiente. Por otra parte, si el tiempo mantenido es más de 24 horas, entonces es difícil obtener un efecto que corresponda al tiempo mantenido. Por lo tanto, el tiempo mantenido en el primer tratamiento de homogeneización es preferentemente de 2 horas o más y es más preferentemente de 3-24 horas.

El segundo tratamiento de homogeneización se lleva a cabo preferentemente manteniendo el lingote a una temperatura de 400 °C-550 °C durante 3 horas o más. En este caso, el Mn que está diluido sólido en la matriz precipita, y de ese modo la cantidad de solutos sólidos de Mn se puede reducir. Como resultado, la resistencia a la deformación en la extrusión disminuye y de ese modo se puede aumentar la capacidad de extrusión. Si la temperatura mantenida en el segundo tratamiento de homogeneización es inferior a 400 °C, entonces la cantidad de Mn precipitado se vuelve pequeña, y por lo tanto existe el riesgo de que el efecto de disminuir la resistencia a la deformación llegue a ser insuficiente. Por otra parte, si la temperatura mantenida en el segundo tratamiento de homogeneización es superior a 550 °C, entonces el Mn tiende a no precipitar, y por lo tanto existe el riesgo de que el efecto de disminuir la resistencia a la deformación llegue a ser insuficiente.

Además, mediante el ajuste del tiempo mantenido en el segundo tratamiento de homogeneización a 3 horas o más, se puede precipitar suficientemente el Mn. Si el tiempo mantenido es menos de 3 horas, entonces la precipitación de Mn se vuelve insuficiente y por lo tanto existe el riesgo de que el efecto de reducir la resistencia a la deformación llegue a ser insuficiente. Desde el punto de vista de aumentar la capacidad de extrusión, el tiempo mantenido se hace preferentemente largo; sin embargo, si el tiempo mantenido es más de 24 horas, entonces es difícil obtener un efecto que corresponda al tiempo mantenido. Por lo tanto, el tiempo mantenido en el segundo tratamiento de homogeneización es preferentemente de 3 horas o más, es más preferentemente de 3-24 horas, y es aún más preferentemente de 5-15 horas.

En el segundo aspecto mencionado anteriormente, el primer tratamiento de homogeneización y el segundo tratamiento de homogeneización se pueden llevar a cabo sucesivamente, o el lingote se puede enfriar temporalmente entre el primer tratamiento de homogeneización y el segundo tratamiento de homogeneización. En cualquier caso, se puede obtener el efecto mencionado anteriormente. Además, llevar a cabo el primer tratamiento de homogeneización y el segundo tratamiento de homogeneización sucesivamente significa que, después de que se haya completado el primer tratamiento de homogeneización, se inicia el segundo tratamiento de homogeneización sin enfriar el lingote a una temperatura menor que la temperatura mantenida en el segundo tratamiento de homogeneización. Si el lingote se enfría después del primer tratamiento de homogeneización, entonces el segundo tratamiento de homogeneización se puede llevar a cabo, por ejemplo, recalentando el lingote después de enfriarlo a 200 °C o inferior.

(Revestimiento)

El revestimiento presente sobre la superficie del cuerpo principal del tubo contiene una mezcla de polvo - que contiene un polvo de Si, un polvo de Zn, un primer polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Zn-F, y un segundo polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Al-F - y un aglutinante. El revestimiento se puede formar por aplicación de una pasta, en la que la mezcla de polvo y el aglutinante están mezclados en un disolvente, sobre el cuerpo principal del tubo y a continuación secado del disolvente. La aplicación de la pasta se puede llevar a cabo, por ejemplo, mediante un método de revestimiento con rodillos o similar.

• Mezcla de polvo: 30 g/m² o menos

La cantidad total de la mezcla de polvo contenida en el revestimiento es de 30 g/m² o menos. Si la cantidad total de la mezcla de polvo es más de 30 g/m², entonces la reducción del volumen causada por la fusión de la mezcla de polvo durante la soldadura llega a ser excesivamente alta. Como resultado, la holgura entre el cuerpo principal del tubo y la aleta llega a ser alta, y por lo tanto existe el riesgo de que las dimensiones del intercambiador de calor después de la soldadura se reduzcan excesivamente. Para evitar tal problema y desde el punto de vista de aumentar la precisión dimensional del intercambiador de calor resultante, la cantidad total de la mezcla de polvo contenida en el revestimiento es 30 g/m² o menos.

• Polvo de Si: 2 g/m² o más y 6 g/m² o menos

El polvo de Si reacciona con el Al del cuerpo principal del tubo debido al calentamiento durante la soldadura, para producir de ese modo un material de aporte en fase líquida compuesto de una aleación de Al-Si. De ese modo, el tubo se puede unir a la aleta, el colector, etc.

El contenido de polvo de Si es 2 g/m² o más y 6 g/m² o menos. Si el contenido de polvo de Si es menos de 2 g/m², entonces la cantidad de material de aporte en fase líquida llega a ser insuficiente, y por lo tanto tienden a producirse fallos de unión. Por otra parte, si el contenido de polvo de Si es más de 6 g/m², entonces las proporciones del polvo de Zn, el primer polvo de fundente, y el segundo polvo de fundente con respecto a la mezcla de polvo global llegan a ser excesivamente bajas, y por lo tanto la cantidad de Zn difundido en el cuerpo principal del tubo, la cantidad total del componente de fundente, etc., llegan a ser insuficientes. Como resultado, existe el riesgo de que se produzcan problemas, tales como una disminución en la resistencia a la corrosión o una disminución en la capacidad de soldadura.

Además, en este caso, existe el riesgo de que se produzcan problemas, tales como que el polvo de Si sea incapaz de reaccionar con el Al del cuerpo principal del tubo y por lo tanto permanecer en el material de aporte en fase

líquida, o que la corrosión del cuerpo principal del tubo llegue a ser considerable a medida que se produce el material de aporte en fase líquida. Desde el punto de vista de evitar tales problemas, el contenido de polvo de Si es 2 g/m^2 o más y 6 g/m^2 o menos.

- 5 El tamaño de partícula máximo del polvo de Si es preferentemente $100 \mu\text{m}$ o menos, más preferentemente $75 \mu\text{m}$ o menos, aún más preferentemente $50 \mu\text{m}$ o menos, y de forma particularmente preferente $35 \mu\text{m}$ o menos. Si está presente polvo de Si grueso, entonces existe el riesgo de que se produzcan orificios de fusión debido a la fusión local del eutéctico de Al-Si durante la soldadura. Mediante la restricción del tamaño de partícula máximo del polvo de Si en los intervalos especificados anteriormente, se puede aumentar la fluidez del material de aporte en fase líquida
10 producido durante la adición de calor en la soldadura, y se puede prevenir la formación de orificios de fusión previniendo la erosión del cuerpo principal del tubo.

Además, el tamaño de partícula máximo del polvo de Si se ajusta a un valor que se mide mediante un método de difracción por láser. Esto se aplica del mismo modo al polvo de Zn, que se describe a continuación.

- 15 • Polvo de Zn: $0,2 \text{ g/m}^2$ o más y $4,0 \text{ g/m}^2$ o menos

El polvo de Zn hace las funciones de una fuente de Zn para formar la capa de difusión de Zn sobre la superficie del cuerpo principal del tubo. Mediante el uso del mismo en combinación con el primer componente de fundente como
20 fuente de Zn, el polvo de Zn puede formar una capa de difusión de Zn que tiene una alta concentración y que es profunda. Además, como se ha descrito anteriormente, mediante el uso del polvo de Zn en combinación con el primer polvo de fundente, se puede reducir la cantidad total de la mezcla de polvo, y de ese modo se puede prevenir una disminución en las dimensiones del núcleo global del intercambiador de calor.

- 25 El contenido de polvo de Zn es $0,2 \text{ g/m}^2$ o más y $4,0 \text{ g/m}^2$ o menos. Si el contenido de polvo de Zn es menos de $0,2 \text{ g/m}^2$, entonces la cantidad de Zn que se difunde en el cuerpo principal del tubo llega a ser insuficiente, incluso considerando la cantidad de Zn suministrada a partir del primer polvo de fundente, y esto conduce a una disminución en la resistencia a la corrosión. Si el contenido de polvo de Zn es más de $4,0 \text{ g/m}^2$, entonces la concentración de Zn del cordón formado en la unión con la aleta llega a ser excesivamente alta, y por lo tanto la corrosión preferencial
30 tiende a producirse más en el cordón que en la capa de difusión de Zn del cuerpo principal del tubo. Como resultado, existe el riesgo de que la aleta se desprenda en una etapa temprana debido a la corrosión. Por lo tanto, desde el punto de vista tanto del aumento de la resistencia a la corrosión como de la prevención del desprendimiento de la aleta, el contenido de polvo de Zn es $0,2 \text{ g/m}^2$ o más y $4,0 \text{ g/m}^2$ o menos. Desde el mismo punto de vista, el contenido de polvo de Zn es preferentemente $0,2 \text{ g/m}^2$ o más y $3,8 \text{ g/m}^2$ o menos.

35 El tamaño de partícula máximo del polvo de Zn es preferentemente $100 \mu\text{m}$ o menos, más preferentemente $50 \mu\text{m}$ o menos, aún más preferentemente $30 \mu\text{m}$ o menos, y de forma particularmente preferente $15 \mu\text{m}$ o menos. Si está presente polvo de Zn grueso, entonces existe el riesgo de que se puedan producir orificios de fusión debido a la fusión local del eutéctico de Al-Zn durante la soldadura. Mediante la restricción del tamaño de partícula máximo del
40 polvo de Zn a los intervalos especificados anteriormente, la formación de orificios de fusión se puede prevenir. Además, si el tamaño de partícula máximo del polvo de Zn está en los intervalos especificados anteriormente, entonces el Zn de la fase líquida tiende a extenderse uniformemente cuando se funden las partículas de Zn, y por lo tanto la capa de difusión de Zn formada sobre el cuerpo principal del tubo tiende a llegar a ser uniforme.

- 45 • Primer polvo de fundente: $0,5 \text{ g/m}^2$ o más y $5,0 \text{ g/m}^2$ o menos

El primer polvo de fundente consiste en un compuesto de K-Zn-F. Como se ha descrito anteriormente, el primer
50 polvo de fundente produce el componente o componentes de fundente y el Zn por reacción con el Al del cuerpo principal del tubo. Mediante el uso del mismo en combinación con el polvo de Zn y el segundo polvo de fundente, el primer polvo de fundente puede reducir la cantidad total de la mezcla de polvo mientras se mantiene la cantidad de Zn y la cantidad de fundente suministrada, como se ha descrito anteriormente; a su vez, el espesor del revestimiento se puede reducir. Además, la película de óxido presente sobre la superficie del polvo de Zn se elimina de forma eficaz, y por lo tanto se puede formar una capa de difusión de Zn que tiene una alta concentración y que es profunda.

55 Para obtener el efecto de reducción del espesor del revestimiento y reaccionar completamente con el Al del cuerpo principal del tubo, el contenido del primer polvo de fundente es $0,5 \text{ g/m}^2$ o más y $5,0 \text{ g/m}^2$ o menos. Si el contenido del primer polvo de fundente es menos de $0,5 \text{ g/m}^2$, entonces el espesor del revestimiento no se puede reducir suficientemente. Por otra parte, si el contenido del primer polvo de fundente es más de $5,0 \text{ g/m}^2$, entonces el
60 revestimiento llega a ser grueso y tiende a permanecer primer polvo de fundente sin reaccionar en la vecindad de la parte de la capa superficial del revestimiento. Desde el mismo punto de vista, el contenido del primer polvo de fundente es preferentemente $0,5 \text{ g/m}^2$ o más y menos de $3,0 \text{ g/m}^2$.

65 Se usa un compuesto de K-Zn-F, tal como KZnF_3 , como el primer polvo de fundente. Además, el tamaño medio de partícula del primer polvo de fundente no se limita de forma particular; por ejemplo, se puede usar un primer polvo de fundente que tiene un tamaño medio de partícula de aproximadamente $5 \mu\text{m}$. Se ha de observar que el tamaño

medio de partícula se ajusta a un valor que se mide mediante un método de difracción por láser. Esto se aplica del mismo modo al segundo polvo de fundente, que se describe a continuación.

- Segundo polvo de fundente: 5 g/m² o más y 20 g/m² o menos

El segundo polvo de fundente consiste en un compuesto de K-Al-F. Mediante el uso del mismo en combinación con el primer polvo de fundente y el polvo de Zn, el segundo polvo de fundente puede conseguir con facilidad tanto una reducción en la cantidad total de la mezcla de polvo como la formación de una capa de difusión de Zn que tiene una alta concentración y que es profunda, como se han descrito anteriormente.

El contenido del segundo polvo de fundente es 5 g/m² o más y 20 g/m² o menos. Si el contenido del segundo polvo de fundente es menos de 5 g/m², entonces, incluso considerando la cantidad del componente de fundente producida por el primer polvo de fundente, la cantidad total del componente de fundente llega a ser insuficiente, y por lo tanto disminuye la capacidad de soldadura. Además, en este caso, existe el riesgo de que el efecto de eliminación de la película de óxido sobre la superficie del polvo de cinc llegue a ser insuficiente, y por lo tanto existe el riesgo de que disminuya la resistencia a la corrosión. Si el contenido del segundo polvo de fundente es más de 20 g/m², entonces el efecto de eliminación de la película de óxido sobre el polvo de cinc, el cuerpo principal del tubo, y similar llegará a ser saturado y, además, la cantidad total de la mezcla de polvo llegará a ser excesiva, y por lo tanto el espesor del revestimiento no se puede reducir suficientemente. Por lo tanto, para reducir el espesor del revestimiento mientras se asegura la capacidad de soldadura, el contenido del segundo polvo de fundente es 5 g/m² o más y 20 g/m² o menos. Desde el mismo punto de vista, es preferentemente 6 g/m² o más y 18 g/m² o menos.

Se usa un compuesto de K-Al-F, tal como KAlF₄, K₂AlF₅, o K₃AlF₆, como el segundo polvo de fundente. Estos compuestos se pueden usar solos o en combinación. El tamaño medio de partícula del segundo polvo de fundente no se limita de forma particular; por ejemplo, se puede usar un segundo polvo de fundente que tiene un tamaño medio de partícula de aproximadamente 5 µm.

- Aglutinante: 5-40 % en masa

Se puede usar, por ejemplo, una resina acrílica, una resina de uretano, o similar como aglutinante. La proporción del contenido de aglutinante con respecto al revestimiento global (con respecto a un 100 % en masa de la cantidad total de la mezcla de polvo mencionada anteriormente y el aglutinante) es un 5-40 % en masa. Si el contenido de aglutinante es menos de un 5 % en masa, entonces tiende a producirse el desprendimiento del revestimiento. Por otra parte, si el contenido de aglutinante es más de un 40 % en masa, entonces la descomposición térmica del aglutinante llega a ser insuficiente, y existe el riesgo de que permanezca aglutinante sin descomponer y similar cuando se lleva a cabo la soldadura. Como resultado, existe el riesgo de que disminuya la capacidad de soldadura.

(Pasta)

La pasta para formar el revestimiento mencionado anteriormente contiene el polvo de Si mencionado anteriormente, el polvo de Zn mencionado anteriormente, el primer polvo de fundente mencionado anteriormente, el segundo polvo de fundente mencionado anteriormente, y el aglutinante mencionado anteriormente. Además, la pasta puede contener un disolvente o similar con el fin de ajustar la capacidad de revestimiento sobre la parte del cuerpo principal del tubo. Los aspectos preferentes de estos polvos son como se han descrito anteriormente.

El contenido de cada componente en la pasta se puede ajustar de forma apropiada de un modo tal que esté en los intervalos especificados anteriormente en el estado de revestimiento mencionado anteriormente. Es decir, el contenido del polvo de Si, el contenido del polvo de Zn, el contenido del primer polvo de fundente, y el contenido del segundo polvo de fundente se ajustan a 2 partes en masa o más y 6 partes en masa o menos, 0,2 partes en masa o más y 4,0 partes en masa o menos, 0,5 partes en masa o más y 5,0 partes en masa o menos, y 5 partes en masa o más y 20 partes en masa o menos, respectivamente. Además, el contenido de aglutinante es un 5 % en masa o más y un 40 % en masa con respecto a la masa total de los cuatro tipos de polvo mencionados anteriormente y el aglutinante.

Además, como se ha descrito anteriormente, desde el punto de vista de obtener el efecto de la reducción del espesor del revestimiento y reaccionar completamente con el Al del cuerpo principal del tubo, el contenido del primer polvo de fundente en la pasta es preferentemente 0,5 partes en masa o más y menos de 3,0 partes en masa.

(Intercambiador de calor)

El intercambiador de calor, en el que se usan los tubos que tienen la configuración que se ha descrito anteriormente, se puede preparar poniendo en contacto las aletas, que están compuestas por aleación de aluminio, con el revestimiento, montando a continuación otros miembros, tales como colectores, y a continuación calentando y soldando estos. La atmósfera, la temperatura de calentamiento, y los tiempos durante la soldadura no se limitan de forma particular, y el método de soldadura tampoco se limita de forma particular.

Se puede usar cualquier aleación bien conocida como la aleación de aluminio usada en las aletas, siempre que tenga una resistencia y una resistencia a la corrosión suficientes para su uso en el intercambiador de calor.

Ejemplos de trabajo

(Ejemplo de trabajo 1)

A continuación se explican los ejemplos de trabajo de los tubos de intercambiador de calor mencionados anteriormente, y los intercambiadores de calor fabricados mediante el uso de los tubos de intercambiador de calor mencionados anteriormente. En el presente ejemplo, se prepararon los tubos 1 que se muestran en la Figura 1 usando 11 tipos de aleaciones A1-A11 que tenían las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1. Posteriormente, se montaron los intercambiadores de calor 2 que se muestran en la Figura 2 usando los tubos 1 resultantes, y se evaluaron la capacidad de soldadura y la resistencia a la corrosión de los 11 tipos resultantes de intercambiadores de calor 2. Los detalles se explican posteriormente.

<Preparación de los tubos 1>

Se calentaron las barras de lingote que tenían las composiciones químicas que se muestran en la Tabla 1 cada una a 600 °C durante 10 horas para llevar a cabo un tratamiento de homogeneización. Después de que se hubiera completado el tratamiento de homogeneización, las barras de lingote se enfriaron a temperatura ambiente y a continuación se recalentaron a 450 °C y se llevó a cabo extrusión en caliente. Mediante lo anterior, se fabricaron cuerpos principales 10 de tubo, comprendiendo cada uno una pluralidad de vías de paso 11 de refrigerante y teniendo una sección transversal perpendicular a la dirección de extrusión que exhibe una forma plana, como se muestra en la Figura 1.

Por separado de la fabricación de los cuerpos principales 10 de tubo, se preparó una pasta para formar los revestimientos 12 por mezcla del polvo de Si, el polvo de Zn, el primer polvo de fundente, el segundo polvo de fundente, y el aglutinante con un disolvente.

La pasta mencionada anteriormente se aplicó, usando un revestidor de rodillo, a las superficies planas de cada cuerpo principal 10 de tubo obtenido como se ha mencionado anteriormente. Posteriormente, el disolvente se retiró por secado de la pasta, para formar de ese modo el revestimiento 12 sobre cada cuerpo principal 10 de tubo. Se ha de observar que el contenido de cada componente de cada revestimiento 12 es el que sigue a continuación.

- Polvo de Si (diámetro máximo de partícula de 15 μm): 4 g/m^2
- Polvo de Zn (tamaño máximo de partícula de 15 μm , tamaño medio de partícula de 3,4 μm): 1,5 g/m^2
- Primer polvo de fundente (KZnF_3): 2,5 g/m^2
- Segundo polvo de fundente (mezcla de polvo de KAlF_4 y polvo de K_3AlF_6): 9 g/m^2
- Aglutinante: 25 % en masa del revestimiento global.

Los tubos 1 que se muestran en la Figura 1 se obtuvieron mediante lo expuesto anteriormente.

<Preparación de las aletas 3>

Se prepararon las aletas 3, que tenían una forma corrugada, por corrugación de materiales de placa, cada uno compuesto de una aleación de Al (1,2 %)-Mn (1,5 %)-Zn que tenía un espesor de 0,1 mm. Se ha de observar que el paso de aleta se ajustó a 3 mm y la altura de aleta se ajustó a 7 mm.

<Preparación de los colectores 4>

Se formaron láminas de soldadura, hechas cada una de una aleación de aluminio y revestidas con un material de aporte, cada una en forma de tubo de un modo tal que el material de aporte estuviera en la cara exterior. Posteriormente, se formaron orificios, en los que se insertaron los tubos, sobre la superficie de una cara, mediante lo anterior, se obtuvieron los colectores 4.

<Montaje de los intercambiadores de calor 2>

Se insertaron ambos extremos del cada tubo 1 en los colectores 4 mientras se apilaban alternativamente los tubos 1 y las aletas 3, para montar de ese modo la forma prescrita que se muestra en la Figura 2. Mediante el calentamiento y la soldadura en este estado, se unieron los tubos 1, las aletas 3, y los colectores 4, y de ese modo se obtuvieron los intercambiadores de calor 2. Además, la soldadura se llevó a cabo en una atmósfera de gas nitrógeno, la temperatura de los tubos 1, las aletas 3, y los colectores 4 se aumentó a 600 °C con una velocidad de aumento de temperatura de un promedio de 50 °C/min, y la temperatura de 600 °C se mantuvo durante 3 min, después de lo cual la temperatura se disminuyó a la temperatura ambiente.

Se evaluaron la capacidad de soldadura y la resistencia a la corrosión usando los 11 tipos de intercambiadores de

calor 2 (cuerpos de ensayo 1-11) obtenidos mediante lo expuesto anteriormente. Los métodos de evaluación se explican con detalle posteriormente.

<Evaluación de la capacidad de soldadura>

Se comprobaron en estado de unión de las aletas 3, la presencia/ausencia de defectos de aspecto externos tales como decoloración, y la presencia/ausencia de fusión de las aletas 3 mediante observación visual. Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 2. Además, aquellas para las que no hubo ningún problema en la observación visual se indican en la Tabla 2 como "Buena".

<Evaluación de la resistencia a la corrosión>

Se llevó a cabo el ensayo SWAAT estipulado en la norma ASTM G85 anexo A3 durante 1000 horas en cada cuerpo de ensayo. Después de que se completaran los ensayos, se midió la profundidad máxima de corrosión mediante la observación de una sección transversal de cada muestra usando un microscopio, y se juzgó visualmente la presencia/ausencia del desprendimiento de las aletas 3. Los resultados del mismo se muestran en la Tabla 2. Se ha de indicar que las que tenían una profundidad máxima de corrosión de 0,05 mm o menos se juzgó que eran "A+", las que tenían una profundidad máxima de corrosión de más de 0,05 mm y menos de 0,10 mm se juzgó que eran "A", las que tenían una profundidad máxima de corrosión de más de 0,10 mm y menos de 0,20 mm se juzgó que eran "B", y las que tenían una profundidad máxima de corrosión de más de 0,20 mm se juzgó que eran "C".

Como se puede entender a partir de la Tabla 1 y la Tabla 2, los cuerpos de ensayo 1-11 mostraron resultados satisfactorios tanto para la capacidad de soldadura como para la resistencia a la corrosión. En particular, el cuerpo de ensayo 1 y los cuerpos de ensayo 6-9 mostraron una resistencia a la corrosión superior debido a que contienen Zr, Cr, Ti, o Sr además de Mn, Cu y Si y debido a que el contenido de estos elementos está dentro de los intervalos especificados anteriormente.

(Ejemplo de trabajo 2)

El presente ejemplo es un ejemplo de intercambiadores de calor 2 en el que el contenido de cada componente en el revestimiento 12 se modificó mediante la modificación de la composición de la pasta para formar el revestimiento 12. En el presente ejemplo, los cuerpos principales 10 del tubo se preparan usando la aleación A1 del ejemplo de trabajo 1, y los tubos 1 se obtuvieron mediante la formación de los revestimientos B1-B25 que tienen las composiciones que se muestran en la Tabla 3; por otra parte, se prepararon los intercambiadores de calor 2 de la misma forma que en el ejemplo de trabajo 1. Usando los 25 tipos resultantes de intercambiadores de calor 2 (cuerpos de ensayo 21-45), se evaluaron la capacidad de soldadura y la resistencia a la corrosión del mismo modo que en el ejemplo de trabajo 1. Los resultados de los mismos se muestran en la Tabla 4. Los Ejemplos B1 y B2 de las tablas 3 y 4 representan ejemplos de referencia debido a su contenido de polvo de Si.

Como se puede entender a partir de la Tabla 3 y la Tabla 4, los cuerpos de ensayo 21-35 muestran resultados satisfactorios tanto para la capacidad de soldadura como para la resistencia a la corrosión debido a que se usaron los revestimientos B1-B15 que tienen las composiciones especificadas anteriormente.

En el cuerpo de ensayo 36, se creó una parte en la que no se pudieron unir una aleta 3 y un tubo 1 debido a que se usó el revestimiento B16, que tiene un contenido de polvo de Si bajo, y posteriormente la unión falló.

En el cuerpo de ensayo 37, se produjo material de aporte en fase líquida en exceso debido a que se usó el revestimiento B17, que tiene un contenido de polvo de Si alto. Como resultado, se confirmó la fusión de una aleta 3 después de soldadura.

El cuerpo de ensayo 38 muestra una resistencia a la corrosión equivalente al cuerpo de ensayo 28, que tiene aproximadamente la misma cantidad total de Zn. No obstante, el contenido del primer polvo de fundente en el cuerpo de ensayo 38 es bajo, y por lo tanto la cantidad total de la mezcla de polvo en el cuerpo de ensayo 38 es mayor que en el cuerpo de ensayo 28. Como resultado, la contracción de las dimensiones del intercambiador de calor después de la soldadura se hizo excesivamente grande.

En el cuerpo de ensayo 39, se usó el revestimiento B19, en el que el contenido del primer polvo de fundente es elevado, y por lo tanto permaneció primer polvo de fundente sin reaccionar después de la soldadura y se produjo decoloración.

En el cuerpo de ensayo 40, se usó el revestimiento B20, en el que el contenido del segundo polvo de fundente es bajo; por lo tanto, se creó una parte en la que no se pudieron unir una aleta 3 y un tubo 1; por lo tanto, la unión falló. Además, se produjo decoloración en el cuerpo de ensayo 40.

En el cuerpo de ensayo 41, se usó el revestimiento B21, en el que el contenido del segundo polvo de fundente es alto y la cantidad total de la mezcla de polvo es más de 30 g/m²; por lo tanto, la contracción de las dimensiones del

intercambiador de calor después de la soldadura se volvió excesivamente grande.

En el cuerpo de ensayo 42, se usó el revestimiento B22, en el que el contenido de polvo de Zn es bajo, y por lo tanto la resistencia a la corrosión fue insuficiente.

5 En el cuerpo de ensayo 43, se usó el revestimiento B23, en el que el contenido de polvo de Zn es alto, y por lo tanto se produjo corrosión preferencial en la holgura y se produjo el desprendimiento de la aleta 3.

10 En el cuerpo de ensayo 44, se usó el revestimiento B24, en el que el contenido de aglutinante es bajo, y por lo tanto se produjo el pelado del revestimiento cuando se montaron los cuerpos principales 10 del tubo en el intercambiador de calor. Como resultado, la aleta 3 tuvo un fallo de unión.

15 En el cuerpo de ensayo 45, se usó el revestimiento B25, en el que el contenido de aglutinante es elevado, y por lo tanto disminuyó la fluidez del material de apoyo en fase líquida durante la soldadura. Como resultado, la aleta 3 tuvo un fallo de unión. Además, se observó la decoloración de las superficies de los tubos 1 causada por residuo de aglutinante sin descomponer.

Tabla 1 (los valores subrayados son valores no preferentes)

Aleación	Composición química (% en masa)							
	Mn	Cu	Zr	Cr	Ti	Sr	Si	Al
A1	0,82	0,05	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	Resto
A2	<u>0,05</u>	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	Resto
A3	0,39	0,05	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	Resto
A4	0,82	0,04	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,20	Resto
A5	0,97	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	Resto
A6	0,74	0,04	0,13	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	Resto
A7	0,83	0,03	< 0,01	0,12	< 0,01	< 0,01	0,12	Resto
A8	0,69	0,02	< 0,01	< 0,01	0,15	< 0,01	0,12	Resto
A9	0,68	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,12	Resto
A10	0,97	0,03	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	<u>0,03</u>	Resto
A11	0,86	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	<u>0,35</u>	Resto

20

Tabla 2

Cuerpo de Ensayo	Aleación usada	Evaluación de la capacidad de soldadura	Evaluación de la resistencia a la corrosión		
			Profundidad máxima de corrosión (mm)	Juicio	Presencia/ausencia de desprendimiento de la aleta 3
Cuerpo de Ensayo 1	A1	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 2	A2	Buena	0,11	B	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 3	A3	Buena	0,12	B	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 4	A4	Buena	0,06	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 5	A5	Buena	0,07	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 6	A6	Buena	0,03	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 7	A7	Buena	0,04	A+	Ninguno

ES 2 686 873 T3

Cuerpo de Ensayo 8	A8	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 9	A9	Buena	0,03	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 10	A10	Buena	0,08	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 11	A11	Buena	0,07	A	Ninguno

Tabla 3

Revestimiento	Mezcla de polvo										Aglutinante		Cantidad de revestimiento aplicado (g/m ²)
	Polvo de Si		Primer polvo de fundente	Segundo polvo de fundente	Polvo de Zn			Cantidad total de la mezcla de polvo (g/m ²)	Proporción en el revestimiento (% en masa)	Contenido (g/m ²)			
	Contenido (g/m ²)	Tamaño máximo de partícula (µm)	Contenido (g/m ²)	Contenido (g/m ²)	Tamaño máximo de partícula (µm)	Tamaño medio de partícula (µm)							
B1	1	13	2,5	9	1,6	14	3,5	14,1	15	2,5	16,6		
B2	7	10	2,5	10	1,5	15	3,2	21,0	30	9,0	30,0		
B3	3	97	2,3	9	1,0	14	3,3	15,3	25	5,1	20,4		
B4	6	75	2,4	8	1,4	13	3,5	17,8	10	2,0	19,8		
B5	4	31	2,5	9	1,5	13	3,2	17,0	35	9,2	26,2		
B6	3	12	0,5	11	1,4	14	3,3	15,9	5	0,8	16,7		
B7	4	12	1,0	10	1,3	13	3,1	16,3	30	7,0	23,3		
B8	3	13	2,8	9	3,0	13	2,9	17,8	25	5,9	23,7		
B9	3	12	3,0	9	1,3	13	3,1	16,3	20	4,1	20,4		
B10	3	13	5,0	8	1,2	12	3,0	17,2	30	7,4	24,6		
B11	4	13	2,4	5	0,2	13	3,2	11,6	40	7,7	19,3		
B12	3	12	2,2	19	3,8	15	3,5	28,0	25	9,3	37,3		
B13	5	10	2,5	8	1,4	98	15,3	16,9	25	5,6	22,5		
B14	5	13	2,3	9	1,2	49	7,7	17,5	25	5,8	23,3		
B15	3	12	2,1	10	1,3	30	5,2	16,4	25	5,5	21,9		
B16	0,7	12	2,0	12	1,7	15	3,2	16,4	25	5,5	21,9		
B17	8	11	2,1	10	1,4	13	3,3	21,5	25	7,2	28,7		
B18	3	14	0,3	23	4,0	12	3,1	30,3	25	10,1	40,4		
B19	4	11	6,0	10	1,6	11	3,0	21,6	35	11,6	33,2		
B20	5	12	2,3	3	1,5	11	3,0	11,8	25	3,9	15,7		
B21	4	12	2,1	23	1,5	14	3,3	30,6	30	13,1	43,7		
B22	3	14	2,0	6	0,1	14	3,2	11,1	30	4,8	15,9		
B23	4	15	2,5	18	4,4	15	3,6	28,9	30	12,4	41,3		
B24	6	12	2,5	10	1,3	13	3,2	19,8	3	0,6	20,4		
B25	5	11	2,0	10	1,2	14	3,2	18,2	45	14,9	33,1		

Tabla 4

Cuerpo de Ensayo	Revestimiento usado	Evaluación de la capacidad de soldadura	Evaluación de la resistencia a la corrosión		
			Profundidad máxima de corrosión (mm)	Juicio	Presencia/ausencia de desprendimiento de la aleta 3
Cuerpo de Ensayo 21	B1	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 22	B2	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 23	B3	Buena	0,07	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 24	B4	Buena	0,05	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 25	B5	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 26	B6	Buena	0,08	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 27	B7	Buena	0,07	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 28	B8	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 29	B9	Buena	0,05	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 30	B10	Buena	0,03	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 31	B11	Buena	0,10	A	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 32	B12	Buena	0,02	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 33	B13	Buena	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 34	B14	Buena	0,05	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 35	B15	Buena	0,05	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 36	B16	<u>Fallo de unión de la aleta</u>	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 37	B17	<u>Fusión de la aleta</u>	0,05	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 38	B18	<u>Gran contracción dimensional</u>	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 39	B19	<u>Decoloración</u>	0,03	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 40	B20	<u>Fallo de unión de la aleta, decoloración</u>	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 41	B21	<u>Gran contracción dimensional</u>	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 42	B22	Buena	<u>0,21</u>	<u>C</u>	Ninguno
Cuerpo de	B23	Buena	0,01	A+	<u>Presente</u>

ES 2 686 873 T3

Ensayo 43					
Cuerpo de Ensayo 44	B24	<u>Fallo de unión de la aleta</u>	0,04	A+	Ninguno
Cuerpo de Ensayo 45	B25	<u>Fallo de unión de la aleta, decoloración</u>	0,05	A+	Ninguno

REIVINDICACIONES

1. Tubo de intercambiador de calor, que comprende:

- 5 un cuerpo principal de tubo compuesto de aluminio puro o de una aleación de aluminio; y
un revestimiento aplicado sobre una superficie del cuerpo principal de tubo;

en el que

- 10 el revestimiento contiene una mezcla de polvo, que incluye: 2 g/m² o más y 6 g/m² o menos de un polvo de Si, 0,2 g/m² o más y 4,0 g/m² o menos de un polvo de Zn, 0,5 g/m² o más y 5,0 g/m² o menos de un primer polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Zn-F, y 5 g/m² o más y 20 g/m² o menos de un segundo polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Al-F, y un aglutinante;
15 la cantidad total de la mezcla de polvo en el revestimiento es 30 g/m² o menos; y
la proporción del aglutinante en el revestimiento es un 5-40 % en masa.

2. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el contenido del primer polvo de fundente es de 0,5 g/m² o más y menos de 3,0 g/m².

- 20 3. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el primer polvo de fundente está compuesto de KZnF₃.

4. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el polvo de Si tiene un tamaño máximo de partícula de 100 µm o menos.

- 25 5. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el polvo de Zn tiene un tamaño máximo de partícula de 100 µm o menos.

- 30 6. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el polvo de Zn tiene un tamaño máximo de partícula de 50 µm o menos, preferentemente de 30 µm o menos.

7. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la aleación de aluminio tiene una composición química en la que el Cu está restringido a un 0,05 % (% en masa, del mismo modo en lo sucesivo) o menos, siendo el resto Al e impurezas inevitables.

- 35 8. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la aleación de aluminio contiene además Mn: 0,1-1,2 %.

- 40 9. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en el que la aleación de aluminio contiene además un tipo o dos o más de entre Zr: 0,01-0,30 %, Cr: 0,01-0,30 %, Ti: 0,01-0,30 % y Sr: 0,01-0,10 %.

10. El tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la aleación de aluminio contiene además un 0,05-0,30 % de Si.

- 45 11. Método para fabricar un intercambiador de calor usando el tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que
se unen mediante soldadura fuerte una aleta, un colector y el tubo de intercambiador de calor, que están compuestos de una aleación de aluminio.

- 50 12. Pasta de soldadura fuerte usada en la soldadura fuerte del tubo de intercambiador de calor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, conteniendo la pasta de soldadura fuerte una mezcla de polvo, que incluye 2 partes en masa o más y 6 partes en masa o menos de un polvo de Si, 0,2 partes en masa o más y 4,0 partes en masa o menos de un polvo de Zn, 0,5 partes en masa o más y 5,0 partes en masa o menos de un primer polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Zn-F y 5 partes en masa o más y 20 partes en masa o menos de un
55 segundo polvo de fundente que consiste en un compuesto de K-Al-F, y un aglutinante, en donde el contenido de aglutinante es un 5-40 % en masa con respecto al total de la mezcla de polvo y el aglutinante.

13. La pasta de soldadura fuerte de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el contenido del primer polvo de fundente es 0,5 partes en masa o más y menos de 3,0 partes en masa.

60

FIG. 1

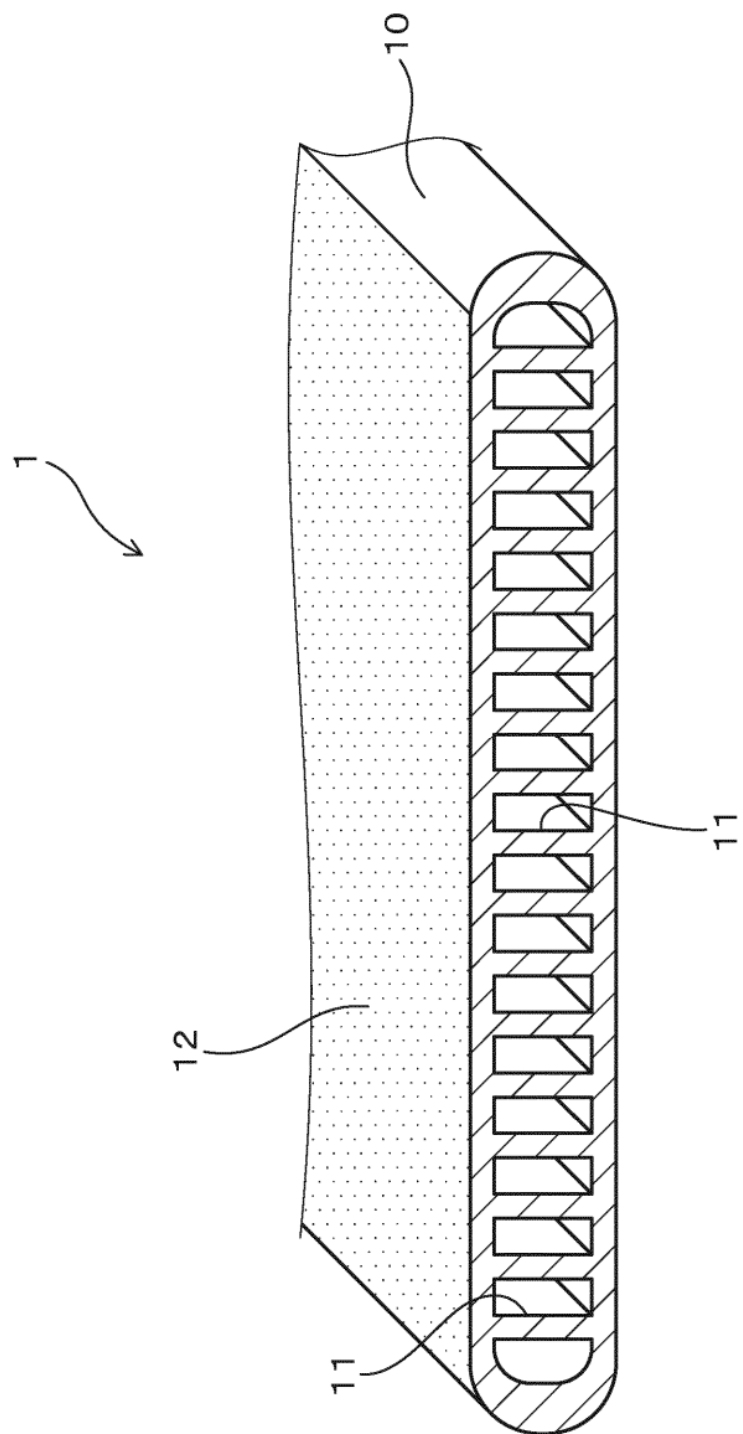


FIG. 2

