



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 442**

51 Int. Cl.:
C22C 21/00 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05716483 .2**
96 Fecha de presentación : **31.03.2005**
97 Número de publicación de la solicitud: **1730320**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.12.2006**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una banda o chapa de aleación de aluminio para intercambiadores de calor.**

30 Prioridad: **31.03.2004 DE 10 2004 016 482**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.10.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.10.2011

73 Titular/es:
HYDRO ALUMINIUM DEUTSCHLAND GmbH
Ettore-Bugatti-Strasse 6-14
51149 Köln, DE

72 Inventor/es: **Sicking, Raimund;**
Wagner, Pascal;
Mrotzek, Manfred;
Husse, Thomas y
Berming, Gerhard

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de una banda o chapa de aleación de aluminio para intercambiadores de calor

La invención se refiere a un procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor.

- 5 En el sector del automóvil existe un uso creciente de intercambiadores de calor compuestos por aluminio o aleaciones de aluminio. A este respecto, el uso de aluminio en lugar de los metales no ferrosos que se usaban anteriormente de forma común en intercambiadores de calor reduce el peso del intercambiador a aproximadamente la mitad para un mismo tamaño y potencia. Los intercambiadores de aluminio o de una aleación de aluminio se usan actualmente en vehículos de motor sobre todo para enfriar el agua de refrigeración, el aceite, como refrigeradores del aire de admisión y en acondicionadores de aire. Los intercambiadores de calor para vehículos a motor se fabrican habitualmente a partir de bandas o chapas de aluminio, uniéndose entre sí los componentes del intercambiador de calor prefabricados por separado, tales como láminas, tubos y distribuidores, mediante soldadura. Los esfuerzos que actúan en el uso práctico sobre los componentes fabricados de este modo, instalados en el vehículo a motor y debidos a vibraciones producidas por choques, vibraciones de larga duración, corrosión, altas presiones de operación, altas temperaturas de operación e intercambios de temperatura, son considerables. A pesar de los esfuerzos considerables y de las presiones de operación crecientes de los intercambiadores de calor de vehículos a motor se tiende, no obstante, a reducir el peso del vehículo y, con ello, a reducir de manera adicional los espesores de pared de los intercambiadores de calor. Además, debido a la legislación cada vez más rigurosa de la Unión Europea y de Estados Unidos con respecto a los gases de escape, se producen temperaturas de operación adicionalmente superiores, por ejemplo del refrigerador del aire de admisión, de tal modo que las exigencias sobre la termoestabilidad de la aleación de aluminio después de la soldadura aumentan todavía más. Con las aleaciones de aluminio usadas hasta la fecha para intercambiadores de calor podían alcanzarse valores con relación al límite elástico determinante de la resistencia mecánica $R_{p0,2}$ sólo inferiores a 65 Mpa, a altas temperaturas de aproximadamente 250 °C claramente inferiores a 65 Mpa, después de la soldadura. Estos valores del límite elástico, debido a la reducción adicional de las paredes, no cumplen ya con las exigencias futuras en intercambiadores de calor. Para aumentar la termoestabilidad de aleaciones de aluminio, es conocida la adición a la aleación de aluminio, por ejemplo, de los elementos Ni, Zr o de tierras raras en cantidades más o menos altas. Estos componentes de aleación no se incluyen habitualmente en aleaciones de aluminio y muestran efectos perjudiciales en otros casos de aplicación distintos al de los intercambiadores unidos por soldadura. En este sentido, la adición a la aleación de los componentes de aleación mencionados anteriormente representa un problema grave con respecto a la capacidad de reciclado de la aleación de aluminio también con relación a la normativa europea de coches usados. Los procedimientos que se usan más frecuentemente para fabricar intercambiadores de calor son, por una parte, soldadura al vacío sin fundente y, por otra parte, soldadura con gas de protección con fundente no corrosivo. Las aleaciones de aluminio que pueden endurecerse en frío usadas hasta la fecha para la soldadura al vacío de intercambiadores de calor, por ejemplo, las aleaciones de aluminio AA6063 (AlMgO, 7Si), AA6061 (AlMg1SiCu) o AA6951 (AlMgO, 6SiCu) presentan un contenido de magnesio relativamente alto y, generalmente, se sueldan con soldaduras con alto contenido de magnesio, tales como, por ejemplo, AA4004, para, por una parte, evitar una oxidación de la soldadura de aluminio fundida sobre el componente que se va unir por soldadura en el proceso de soldado por "absorción de gases" y, con ello, garantizar una unión por soldadura perfecta sin fundente y, por otra parte, para lograr en el envejecimiento natural después de la soldadura unos valores altos de resistencia mecánica del intercambiador unido por soldadura. Ahora bien, la desventaja de la soldadura al vacío es que el mantenimiento del vacío y los requerimientos de pureza en los componentes que se van a unir por soldadura presentan unos costes extremadamente altos. La soldadura con gas de protección alternativa precisa, concretamente respecto a estos puntos de vista, menos costes, debido a que la soldadura tiene lugar en una atmósfera de protección de un gas de protección inerte, por ejemplo, nitrógeno. Además, la soldadura en gas de protección posibilita ciclos de soldadura hasta un 20 % más cortos; no obstante el uso de aleaciones de aluminio conocidas de la soldadura al vacío con alto contenido de magnesio no es posible, debido a que el magnesio reacciona durante la soldadura con los fundentes no corrosivos. El procesamiento puede ampliarse usando fundentes que contienen cesio, más caros, hasta contenidos en Mg más altos. La soldadura en gas de protección, también denominada soldadura CAB es el procedimiento más importante para fabricar intercambiadores de calor para la industria del automóvil. También se dispone de la soldadura en baño de sal, en el que los componentes se precalientan y, a continuación, se sumergen en un baño de sal. El baño de sal es simultáneamente fundente y medio de transporte para el calor. El baño líquido reacciona con la película de óxido y posibilita la reacción de humedecimiento de la soldadura protegida con el fundente. Después de un tiempo de espera a la temperatura de soldadura, el intercambiador de calor se retira del baño de sal, debiendo garantizarse la descarga de la sal líquida. Debido a que los fundentes, en el caso de la soldadura en baño de sal, generalmente son higroscópicos y contienen cloruro, deben limpiarse todos los intercambiadores de calor después de la soldadura en baño de sal usando un procedimiento de varias etapas, para evitar problemas de corrosión. Para evitar la fusión de la aleación de núcleo de aluminio de los elementos del intercambiador que se van unir por soldadura mediante uno de los tres procedimientos de soldadura descritos, debe presentar la aleación de aluminio, además, una temperatura de solidus de al menos 620 °C.

Las chapas de aleación de aluminio para intercambiadores de calor o para ambientes muy corrosivos y sus procedimientos de producción se conocen de los documentos JP 07286250, JP 02129333, JP 04263033 y EP 0718072 A1.

Partiendo de esto, la presente invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento para la producción de una banda o chapa de aleación de aluminio que presente una capacidad de reciclado buena, una temperatura de solidus de al menos 620 °C y, simultáneamente, una termoestabilidad mejorada después de la soldadura.

El objetivo anterior se logra mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1. La aleación de aluminio usada presenta los componentes de aleación siguientes en % en peso:

0, 3 % $\leq$ Si $\leq$ 1 %,

Fe $\leq$ 0, 5 %,

0,3 % $\leq$ Cu $\leq$ 0,7 %,

1,1 % Mn $\leq$ 1,8%,

0,15% $\leq$ Mg $\leq$ 0,6 %,

0,01 % $\leq$ Cr $\leq$ 0,3%,

Zu $\leq$ 0, 1 %,

Ti $\leq$ 0,3 %,

los elementos restantes no evitables representan individualmente como máximo el 0,1 %, un máximo en total del 0,15 % y el resto es aluminio.

La aleación de aluminio no sólo se caracteriza por presentar una temperatura de solidus superior a 620 °C, también posee una termoestabilidad particularmente alta después de la soldadura. Con la aleación de aluminio pueden fabricarse elementos del intercambiador de calor, por ejemplo tubos, cuyo límite de elasticidad Rp0,2 después de unir por soldadura el intercambiador de calor, tanto a temperatura ambiente como también a una temperatura de ensayo de 250 °C es superior a 65 MPa. En comparación con las aleaciones de aluminio habituales, en particular con una aleación AA3005, los elementos del intercambiador de calor fabricados con la aleación de aluminio presentan, con ello, una termoestabilidad un 20 % superior, también en particular a temperaturas de hasta 265 °C. La termoestabilidad obtenible se debe a que con la aleación de aluminio se logra una densidad de fase secundaria alta mediante combinación con un contenido aumentado en Si, Mn y Cr. Además, la aleación de aluminio tiene un potencial de corrosión positivo de -750 mV. Los elementos fabricados con la aleación de aluminio tales como tubos, fondos de tubos, partes laterales o placas de un intercambiador de calor posibilitan una concepción del diseño de corrosión del intercambiador de calor tal que los elementos del intercambiador de calor mencionados presentan una alta resistencia a la corrosión. Además, la aleación de aluminio muestra únicamente un envejecimiento en frío reducido, de tal modo que las bandas o chapas de aleación de aluminio no están sujetas a ninguna limitación de tiempo de almacenamiento antes del procesamiento o la conformación antes de la soldadura.

Después de la soldadura de los elementos constituyentes de un intercambiador de calor fabricados a partir de las bandas o chapas de aleación de aluminio fabricadas según la invención se ha comprobado además, sorprendentemente, que éstos poseen una buena resistencia a la corrosión a pesar del alto contenido de Cu.

La proporción en la aleación del componente de aleación Si del 0,3 al 1,0 % en peso logra, en combinación con las proporciones en la aleación de los componentes de aleación restantes, que la resistencia mecánica de la aleación de aluminio después de la soldadura sea lo suficientemente alta y que simultáneamente el punto de fusión no se reduzca. En caso de tener un contenido de Si fuera de este intervalo, si se está por debajo del límite inferior del contenido de Si, la resistencia mecánica de la aleación de aluminio después de la soldadura es demasiado baja, y si se sobrepasa el límite superior del contenido de Si, disminuye la temperatura de solidus a un valor inferior a 620 °C. La limitación del contenido de Fe de la aleación de aluminio a un máximo del 0,5 % en peso mejora junto con el contenido de Cu la resistencia a la corrosión de la aleación de aluminio después de la soldadura. En la soldadura se empobrecen las capas cercanas a la superficie del material del núcleo de la aleación de aluminio en cobre, de modo que se forma un gradiente de potencial de protección obteniéndose un material del núcleo más noble con alto contenido de Cu. Este comportamiento de la aleación de aluminio en la soldadura se fomenta mediante un contenido reducido en hierro. La termoestabilidad de la aleación de aluminio se reduce claramente con un contenido de Cu inferior al 0,3 % en peso; en caso de sobrepasar el límite superior del contenido de cobre, por contra, la aleación de aluminio tiende a la formación de grietas por calor durante el proceso de moldeo. Además, surgen también problemas de corrosión y de soldadura con un contenido de Cu más elevado, porque la capa cercana a la superficie del material del núcleo, a pesar del empobrecimiento, presenta un contenido de Cu relativamente alto. El contenido de Mn de la aleación de aluminio determina, por una parte, la medida de la precipitación. Por otra parte, el contenido de Mn tiene también una influencia sobre la termoestabilidad. Si se tiene un valor por debajo del límite inferior del 1,1 % en peso en la aleación de aluminio, se reduce la termoestabilidad de la aleación de aluminio. Un aumento del contenido de manganeso por encima del límite superior del 1,8 % en peso da como resultado, por el contrario, una precipitación de tamaño grueso en la estructura, que en conjunto influye negativamente sobre la capacidad de conformación de la aleación de aluminio. La resistencia mecánica de la aleación de aluminio después de la

soldadura se ve influenciada adicionalmente por el contenido de Mg. La disminución del contenido de Mg por debajo del 0,15 % en peso da como resultado una resistencia mecánica deficiente de la aleación de aluminio. Con un límite superior del contenido de Mg del 0,6 % en peso se garantiza que la aleación de aluminio es capaz de ser sometida a soldadura en los tres procedimientos anteriores de soldadura, el procedimiento al vacío, CAB y de baño de sal. Un contenido de Cr de la aleación de aluminio de al menos el 0,01 % en peso asegura, por una parte, que la aleación de aluminio presente una termoestabilidad suficiente. Por otra parte, la conformabilidad de la aleación de aluminio se garantiza porque el contenido de Cr está limitado a como máximo el 0,3 % en peso, debido a que en caso de sobrepasarlo se pueden encontrar precipitaciones gruesas en la estructura cristalina de la aleación de aluminio. Con ello, la aleación de aluminio ideal para fabricar banda para tubos, banda para fondos de tubos, banda para las partes laterales y banda para placas sea adecuada, el contenido de cinc de la aleación de aluminio está limitado a un máximo del 0,1 % en peso. Para contenidos de Zn superiores, el potencial de corrosión de la aleación de aluminio puede disminuir, de tal modo que la aleación de aluminio, por ejemplo, es poco noble frente a láminas exentas de Zn. Finalmente, con un contenido de Ti de como máximo el 0,3 % en peso, se asegura que no se produzcan precipitaciones de tamaño grueso en la aleación de aluminio, que a su vez influyan negativamente en la capacidad de conformación de la aleación de aluminio.

Si la aleación de aluminio presenta, según una forma de realización adicional, los siguientes componentes de aleación en % en peso:

$$0,15 \% \leq \text{Mg} \leq 0,3 \%$$

$$\text{Zu} \leq 0,05 \%$$

$$0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,3 \%,$$

la aleación de aluminio puede procesarse sin fundentes caros que contengan cesio después del procedimiento de soldadura CAB, disminuyendo simultáneamente, por el contenido de Ti, el riesgo de formación de grietas al solidificarse los lingotes para laminar y, mediante el contenido reducido en Zn, se aumenta el potencial de corrosión.

Un compromiso muy bueno para obtener una resistencia mecánica máxima después de la soldadura y simultáneamente una alta temperatura de solidus, según otra forma de realización de la aleación de aluminio se logra si la aleación de aluminio presenta la proporción siguiente de componentes de aleación Si, Fe y Mn en % en peso:

$$0,5 \% \leq \text{Si} \leq 0,8 \%,$$

$$\text{Fe} \leq 0,35 \%,$$

$$1,1 \% \leq \text{Mn} \leq 1,5\%.$$

El procedimiento según la invención para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor se caracteriza porque se funde un lingote para laminar de una aleación de aluminio termoestable descrita anteriormente en un procedimiento de colada en continuo, se precalienta el lingote para laminar a 400 a 500 °C, el lingote se lamina obteniéndose una banda caliente, siendo la temperatura de la banda caliente de 250 a 380 °C y el espesor de la banda caliente al final del laminado en caliente de 3 a 10 mm y la banda caliente se enfría obteniéndose el espesor final. Mediante la combinación de las características del procedimiento para fabricar una banda de aluminio descrita, junto con la aleación de aluminio, se puede fabricar una banda de aluminio que presente una densidad de fase secundaria alta. Debido a la alta densidad de fase secundaria, la banda o chapa de aluminio presenta a temperatura ambiente y a una temperatura de 250 °C una alta termoestabilidad. El límite de elasticidad Rp0,2 de la banda de aluminio es superior a 65 Mpa a las temperaturas mencionadas.

Si la banda o chapa de aluminio es una banda para parte lateral, una banda para placas o una banda para fondo de tubos, según una forma de realización adicional de la invención, el lingote para laminar puede homogeneizarse antes del precalentamiento. Debido a las conformaciones que son necesarias para fabricar un fondo de tubos, partes laterales o una placa de un intercambiador de calor, la banda de aluminio debe presentar antes del procesamiento para fabricar alguno de los elementos mencionados anteriormente de un intercambiador de calor una capacidad de conformación máxima. Esto se garantiza mediante la homogenización antes del calentamiento del lingote para laminar. Siempre que la banda de aluminio no deba someterse a una conformación intensa antes de la soldadura, tal como por ejemplo en el caso de la fabricación de tubos, se puede prescindir de la homogenización previa al precalentamiento. Mediante la homogeneización antes del precalentamiento se reduce, efectivamente, el límite de elasticidad Rp0,2 de la banda de aluminio. De todos modos, el límite de elasticidad Rp0,2 es siempre superior a 50 Mpa, en particular también a una temperatura de ensayo de 250 °C, por lo que se alcanzan límites de elasticidad que son muy superiores a los de la aleación AA3003 estándar.

La capacidad de conformación de la banda de aluminio pueden aumentarse si se somete la banda caliente a un recocido intermedio a una temperatura de 300 a 450 °C Alternativa o acumulativamente a ello, existe la posibilidad de someter la banda de aluminio, al laminar en frío antes de alcanzar el espesor final, a un recocido intermedio a una temperatura de 300 a 450 °C. Mediante el recocido intermedio se eliminan de nuevo, en su mayor parte,

endurecimientos que se generan en la banda de aluminio debido a las conformaciones. Las etapas del procedimiento mencionadas anteriormente aseguran una capacidad de conformación en el laminado en frío de la banda o chapa de aluminio.

5 El estado final de la banda de aluminio, según otra forma de realización del procedimiento de la invención, se obtiene realizando después del laminado en frío un recocido de estabilización, obteniéndose el estado final a una temperatura de 250 a 400 °C. Si la banda de aluminio se usa para la fabricación de fondos de tubos, partes laterales y placas de un intercambiador de calor, después del laminado en frío se realiza un recocido suave. Si se van a fabricar tubos a partir de la banda de aluminio que no precisen de una conformación intensa, la banda de aluminio se recuece de nuevo únicamente después del laminado en frío.

10 Según otra forma de realización adicional del procedimiento según la invención, después del precalentamiento se provee al lingote de una o dos placas laterales de otra aleación. Con ello pueden ajustarse las propiedades del lado del lingote núcleo plaqueado, provisto de una placa, de forma aproximadamente independiente a la aleación del núcleo de aluminio. Por ejemplo, puede aumentarse, con la colocación de las placas, con una soldadura de aluminio la seguridad del procedimiento durante la soldadura del elemento del intercambiador de calor. Además, pueden
15 disponerse también otras láminas de aleación que no sean de soldadura sobre el lingote de núcleo de aluminio, por ejemplo, láminas de protección contra la corrosión. Si se usa una placa de soldadura de aluminio, la capa de soldadura de aluminio, durante el laminado en caliente, puede soldarse en frío con el lingote núcleo, de tal modo que la banda de aluminio presenta un capa plaqueada de una soldadura de aluminio. Al soldar, esto da como resultado compuestos de soldadura homogéneos y uniformes entre los elementos individuales del intercambiador de calor. En
20 un plaqueado de un solo lado con una soldadura de aluminio existe, además, la posibilidad de revestir o plaquear el otro lado con otra aleación de aluminio, por ejemplo con una aleación de aluminio que sirva como protector contra la corrosión. Los tubos de aluminio para el intercambiador de calor se plaquean según se necesite por uno o por dos lados. Por el contrario, la banda de aluminio para partes laterales se plaquea normalmente por un lado. Los fondos de tubos y láminas de un intercambiador de calor, por el contrario, se usan, en su mayor parte, plaqueados por dos
25 lados

También es posible el uso de otro procedimiento de aplicación de soldadura alternativo con relación a la banda de aluminio fabricada según la invención.

El procedimiento según la invención para fabricar una banda de aluminio puede, según otra forma de realización adicional del procedimiento de la invención, mejorarse usando como soldadura de aluminio una aleación de aluminio
30 con el 6 al 13 % de Si, en particular una aleación AlSi7,5 o AlSi10. Debido al alto contenido de silicio de la soldadura el silicio se difunde de la soldadura en el núcleo de la banda de aluminio y provoca allí la formación de un borde de precipitación de fases AlMnSi que presenta, en comparación con la aleación del núcleo, un potencial de corrosión negativo. En caso de un ataque de corrosión sobre una banda de aluminio fabricada con el procedimiento según la invención se desarrolla la corrosión, por lo tanto, a lo largo de la longitud de la banda de aluminio o a lo largo del
35 borde de precipitación. El núcleo de la banda de aluminio se mantiene exento de corrosión y puede evitarse, por lo tanto, una perforación, por ejemplo de un tubo fabricado de una aleación de aluminio correspondiente. Las aleaciones de aluminio mencionadas con del 6 al 13 % de Si, que se usan como soldadura de aluminio, pueden contener, además de Si, también otros elementos, por ejemplo del 0,5 al 2 % en peso de Zn.

Si la banda de aluminio se lamina en frío con un espesor final de 0,1 a 2 mm en el laminado en frío, se pueden
40 fabricar intercambiadores de calor con espesores de pared reducidos, que, a pesar de ello, cumplan las crecientes exigencias de operación futuras.

El objetivo anterior se logra mediante una banda o chapa de aluminio fabricada a partir de una aleación de aluminio fabricando la banda o chapa de aluminio según el procedimiento según la invención.

Preferentemente, la banda o chapa de aluminio es una banda para tubos, una banda para fondos de tubos, una
45 banda para partes laterales o una banda para placas para la fabricación de un intercambiador de calor. Con la banda para tubos, la banda para fondos de tubos, la banda para partes laterales o la banda para placas fabricada según la invención pueden fabricarse los elementos correspondientes del intercambiador de calor, tubos, fondos de tubos, partes laterales o placas, que, a pesar de un espesor de pared reducido cumplen con todas las exigencias, en particular respecto a la capacidad de conformación de la soldadura y el límite de elasticidad a temperatura ambiente
50 y a la temperatura de operación.

El peso del intercambiador de calor puede reducirse, según una forma de realización ventajosa de la banda de aluminio fabricada según la invención, de modo que la banda para tubos presente un espesor final de 0,15 a 0,6 mm, preferentemente de 0,15 a 0,4 mm, la banda para fondos de tubos un espesor final de 0,8 a 2,5 mm, preferentemente de 0,8 a 1,5 mm, la banda para partes laterales un espesor final de 0,8 a 1,8 mm, preferentemente
55 de 0,8 a 1,2 mm a la banda para placas un espesor final de 0,3 a 1,0 mm, preferentemente de 0,3 a 0,5 mm.

Existe ahora una pluralidad de posibilidades para perfeccionar y configurar la aleación de aluminio, el procedimiento según la invención para fabricar una banda de aluminio para intercambiadores de calor y la banda de aluminio. Para

ello, nos remitimos, por una parte a las reivindicaciones subordinadas a las reivindicaciones independientes 1, 4 y 12 y a la descripción de los ejemplos de realización con relación a las figuras. En la dibujo

la figura 1 muestra una representación esquemática de un primer ejemplo de realización del procedimiento según la invención para fabricar una banda de aluminio y

5 la figura 2 una vista en perspectiva de un intercambiador de calor para un vehículo a motor.

En la figura 1 se representa esquemáticamente una primera forma de realización de un procedimiento según la invención para fabricar una banda o chapa de aluminio para un intercambiador. En una primera etapa la figura 1 muestra la fundición del lingote 1. Después de formar la aleación del metal líquido se funden tanto la aleación de aluminio para el núcleo como también la aleación para las placas, por ejemplo una soldadura de aluminio como lingote. El lingote para plaquear se precalienta, habitualmente, hasta que se lamina en caliente al espesor deseado y la longitud se divide según la lámina. De todos modos, la lámina puede fabricarse también usando un procedimiento alternativo, por ejemplo separando un lingote para laminar. El lingote del núcleo de una aleación de aluminio puede homogenizarse dependiendo opcionalmente del producto para laminar preparado antes del precalentamiento. Si se fabrica, por ejemplo una banda para tubos para intercambiadores de calor con el procedimiento según la invención, también se puede renunciar, no obstante, a la homogenización antes del laminado en caliente, debido a que la banda para tubos no están expuestos hasta la fabricación de los tubos para el intercambiador de calor a ninguna conformación grande. Las placas necesarias para plaquear se disponen sobre uno o sobre ambos lados del lingote núcleo. El paquete resultante formado por un lingote núcleo, compuesto de la aleación de aluminio, que está provisto en un lado o en dos con placas, se precalienta antes del laminado en caliente a de 400 a 500 °C. A continuación, el paquete 4 se lamina en caliente en un tren reversible 5 o en un tren en tándem 5a para dar un espesor de banda en caliente de 3 a 10 mm. La temperatura de banda caliente es en el laminado en caliente de 250 a 380 °C.

Después del laminado en caliente la banda se lamina en frío sobre un laminador frío 6. Según la invención, por ejemplo para lograr las propiedades de conformación, después del laminado en caliente la banda puede someterse a un recocido intermedio de 300 °C a 450 °C. Esto sirve también para el laminado en frío, para el que el recocido intermedio antes de alcanzar el espesor final también puede tener lugar a una temperatura de 300 °C a 450 °C. La banda o chapa de aluminio laminada en frío preparada puede someterse dependiendo de las propiedades exigidas a un recocido de estabilización obteniéndose el estado final en un horno de cámara 7. No obstante, un recocido de estabilización podría realizarse también en un horno de paso continuo.

La figura 2 muestra un intercambiador 8 en un diseño de láminas tubulares en una vista en perspectiva. Puede reconocerse que el intercambiador está constituido por un tubo 9, un fondo de tubo 10, una parte lateral 11 y láminas 12. La parte lateral 11 y el fondo de tubo 10 se someten antes de la soldadura a una conformación fuerte, de tal modo que la banda de aluminio prevista para la parte lateral 11 y el fondo de tubo 10 debe presentar unas propiedades correspondientes de conformabilidad buenas. Los tubos 10 de un intercambiador de calor se fabrican, habitualmente, mediante soldadura de costura longitudinal. El espesor de la banda de tubo procesada en este caso es de entre 0,15 mm y 0,6 mm, preferentemente de entre 0,15 a 0,4 mm, plaqueándose por soldadura la banda para tubos por el exterior o por ambos lados según el diseño del intercambiador de calor. Las exigencias en la capacidad de conformación para una banda para tubos son más bien pequeñas, debido a que antes de la soldadura sólo debe conformarse de forma sencilla. Después de la soldadura es muy importante la resistencia mecánica o la termoestabilidad del tubo, debido a que el medio de operación que transportan los tubos se encuentran a una presión de operación alta y el tubo se somete parcialmente a temperaturas de operación altas. Una banda de aluminio fabricada según la invención para el fondo de tubos 10 presenta normalmente un espesor de 0,8 a 2,5 mm, preferentemente de 0,8 a 1,5 mm y se fabrica y se procesa preferentemente en un estado blando. Para ello, la aleación de aluminio se recuece después del laminado en frío para obtener un estado final "blando". Las exigencias sobre la capacidad de conformación antes de la soldadura son altas para la banda para fondos de tubo, debido a que habitualmente se realiza una conformación con un alto grado de conformación, que sirve para obturar y fijar, por ejemplo, un depósito de agua, un colector, cierres herméticos al aire o elementos similares. La banda para tubos se plaquea normalmente por un lado, pudiendo plaquearse también, no obstante, por los dos lados. Por motivos de protección contra la corrosión, el fondo de tubos 10 puede presentar, como también el tubo 9, otra aleación de aluminio como plaqueo de protección, para ser aún más resistente a la corrosión. Las partes laterales 11 se fabrican y procesan a partir de una banda de aluminio constituida por una aleación de aluminio fabricada según la invención con un espesor de pared de 0,8 a 1,8 mm, preferentemente de 0,8 a 1,2 mm, preferentemente en un estado "blando". También, como en el caso de fondos de tubo 10, las exigencias sobre la capacidad de conformación de las partes laterales son altas. Esto sirve también para placas no representadas en la figura 2 de un intercambiador de calor, que se usan en intercambiadores de calor de diseño de placas y láminas o intercambiadores de calor de diseño de placas en columna.

Además de un alto valor de resistencia mecánica, a la aleación de aluminio se le exige en particular una alta resistencia a la corrosión. En el caso de una aleación de aluminio fabricada según la invención se posibilita mediante un contenido de hierro reducido y un contenido elevado de cobre una formación in situ de un protector contra la corrosión catódico durante el proceso de soldadura. Primeramente el cobre se difunde en la soldadura desde la capa plaqueada cerca de la superficie desde el material del núcleo a la capa de soldadura de aluminio, de tal modo que se genera un gradiente de potencial protector para el material del núcleo noble. Por otra parte, se difunde silicio

desde la soldadura de aluminio que contiene silicio al material del núcleo de la banda de aluminio fabricada según la invención y conduce allí a una formación de un borde de precipitación de fases AlMnSi. Las fases AlMnSi tienen, de todas las maneras, en comparación con la aleación del núcleo un potencial de corrosión negativo. Si se produce un ataque de corrosión sobre el tubo soldado, que se ha fabricado a partir de una banda de aluminio según la invención, la corrosión se desarrolla posteriormente primeramente a lo largo de la longitud del tubo debido al borde de precipitación y no penetra en el material del núcleo, de modo que puede evitarse una perforación del tubo.

Finalmente, según un segundo ejemplo de realización de la presente invención se fabricó una banda de aluminio para la fabricación de tubos para intercambiadores de calor según el procedimiento según la invención y se midió su termoestabilidad. La aleación de aluminio de la banda de aluminio fabricada presentaba, a este respecto, la siguiente composición de aleación:

Si = 0,6 % en peso,

Fe = 0,3 % en peso,

Cu = 0,4 % en peso,

Mn = 1,3 % en peso,

Mg = 0,3 % en peso,

Cr = 0,1 % en peso,

Zn = 0,01 % en peso,

Ti = 0,02 % en peso,

los elementos restantes no evitables representan individualmente como máximo el 0,1 %, un máximo en total del 0,15 % y el resto es aluminio.

Después de la soldadura se determinó la termoestabilidad mediante medida del límite elástico. El límite de elasticidad $R_{p0,2}$ fue de 72 MPa a una temperatura de ensayo de 250 °C. Las aleaciones de aluminio convencionales presentan límites elásticos claramente reducidos, en particular a temperaturas de ensayo de 250 °C. Los límites elásticos de aleaciones de aluminio que se usan normalmente para tubos de un intercambiador se encuentran a temperatura ambiente por debajo de 65 MPa. Por ejemplo, un aleación AA3003 convencional presenta después de la soldadura a una temperatura de 250 °C únicamente un límite elástico $R_{p0,2}$ inferior a 40 MPa. Mediante la ganancia de termoestabilidad existe, por lo tanto, la posibilidad con la aleación de aluminio fabricada según la invención y la banda de aluminio fabricada según la invención, de reducir los espesores de pared de tubos, fondos de tubos, partes laterales y chapas de un intercambiador de calor, sin poner en riesgo la seguridad de funcionamiento del intercambiador de calor.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor de una aleación de aluminio resistente al calor, en el que la aleación de aluminio presenta las proporciones siguientes de componentes de la aleación en % en peso:

- 5 $0,3 \% \leq \text{Si} \leq 1 \%$,
 $\text{Fe} \leq 0,5 \%$,
 $0,3 \% \leq \text{Cu} \leq 0,7 \%$,
 $1,1 \% \leq \text{Mn} \leq 1,8 \%$,
 $0,15\% \leq \text{Mg} \leq 0,6 \%$,

- 10 $0,01 \% \leq \text{Cr} \leq 0,3\%$,
 $\text{Zu} \leq 0,10\%$,
 $\text{Ti} \leq 0,3 \%$,

representando las impurezas no evitables individualmente un máximo de un 0,1 %, en conjunto un máximo del 0,15 %, y siendo el resto aluminio, caracterizado porque se funde un lingote para laminar en un procedimiento de colada en continuo, se precalienta el lingote para laminar a de 400 a 500 °C y el lingote se lamina obteniéndose una banda caliente, siendo la temperatura de la banda caliente de 250 a 380 °C y el espesor de la banda caliente al final del laminado en caliente de 3 a 10 mm, y la banda caliente se lamina en frío para dar el espesor final.

- 15 2. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según la reivindicación 1, caracterizado porque la aleación de aluminio presenta las proporciones siguientes de componentes de la aleación en % en peso:

$0,15 \% \leq \text{Mg} \leq 0,3 \%$
 $\text{Zn} \leq 0,05 \%$
 $0,01 \% \leq \text{Ti} \leq 0,3 \%$.

- 25 3. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la aleación de aluminio presenta las proporciones siguientes de componentes de la aleación en % en peso:

$0,5 \% \leq \text{Si} \leq 0,8 \%$,
 $\text{Fe} \leq 0,35 \%$,
 $1,1 \% \leq \text{Mn} \leq 1,5 \%$.

- 30 4. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el lingote para laminar se homogeneiza antes del precalentamiento.

5. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la banda caliente se somete a un recocido intermedio a una temperatura de 300 a 450 °C.

- 35 6. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la banda de aluminio, durante el laminado en frío, se somete a un recocido intermedio a una temperatura de 300 a 450 °C antes de alcanzar el espesor final.

- 40 7. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque, después del laminado en frío, se realiza un recocido de estabilización a 250 a 400 °C obteniéndose el estado final.

8. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque, antes del precalentamiento, el lingote para laminar se provee en uno o dos lados de placas de otra aleación.

- 45 9. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según la reivindicación 8, caracterizado porque las placas constan de una aleación para soldadura y como aleación para

soldadura se usa una soldadura de aluminio, en especial una soldadura de aluminio con del 6 al 13 % en peso de Si, preferentemente una aleación AlSi7,5 o AlSi10.

- 5 10. Procedimiento para fabricar una banda o chapa de aluminio para intercambiadores de calor según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la banda caliente se lamina en frío para dar un espesor final de 0,1 a 2,0 mm.

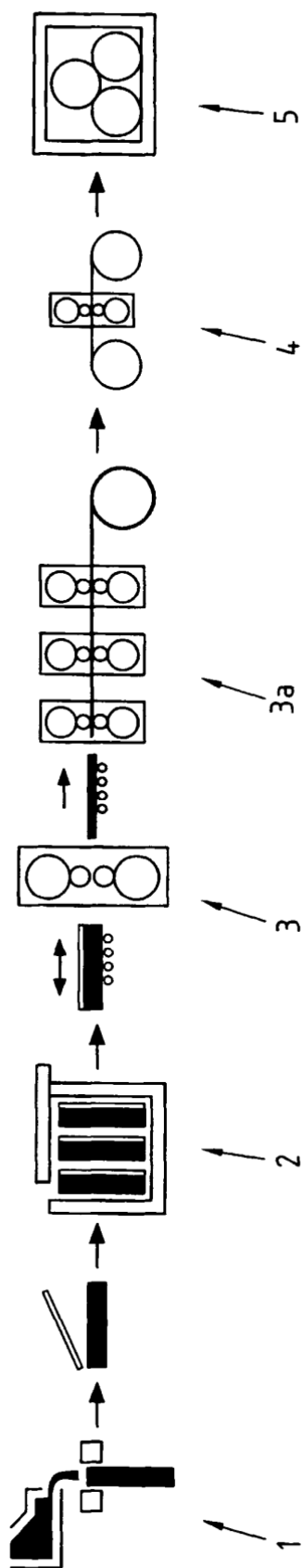


Fig.1

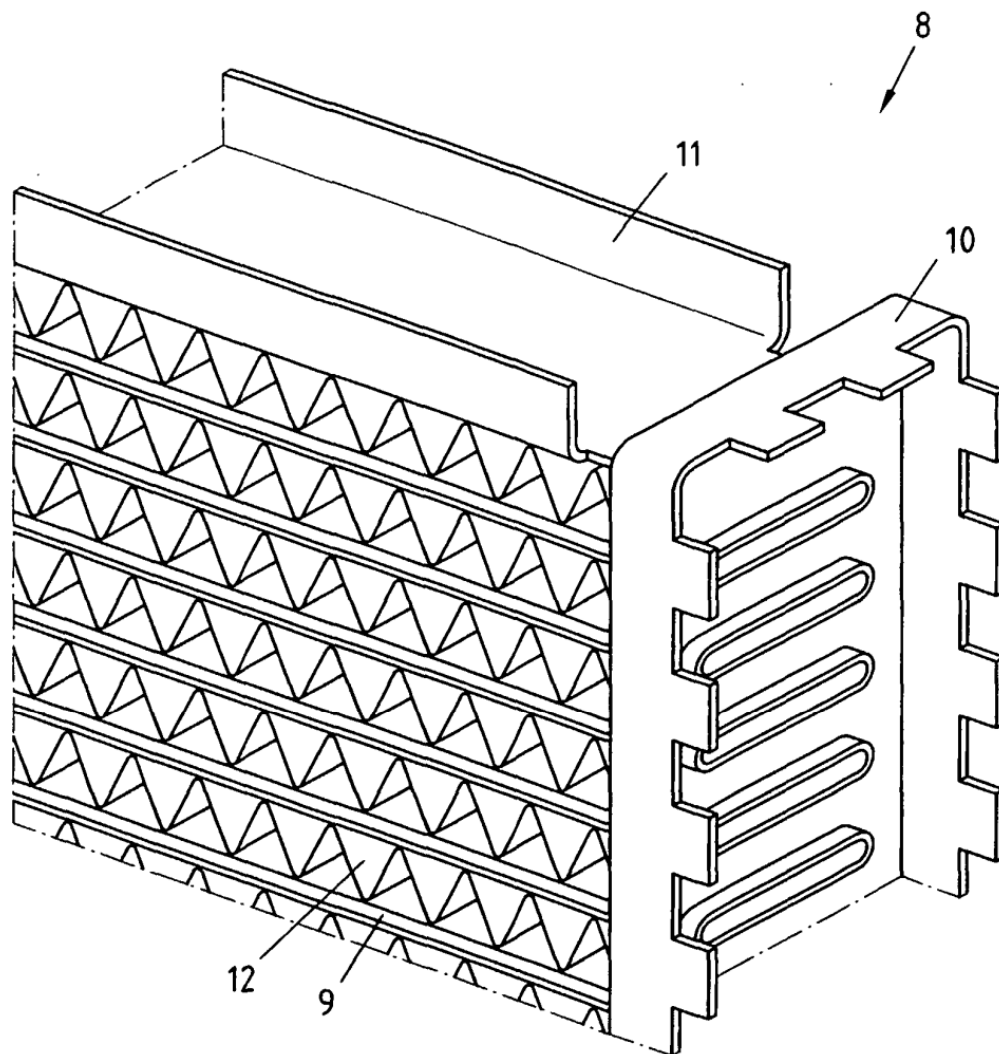


Fig.2