

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 485**

51 Int. Cl.:  
**B23K 35/28** (2006.01)  
**B23K 35/02** (2006.01)  
**C23C 26/02** (2006.01)  
**B23K 35/365** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06704434 .7**  
96 Fecha de presentación: **31.01.2006**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1981682**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.10.2008**

54 Título: **Procedimiento para fabricar un intercambiador de calor**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**08.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**08.06.2012**

73 Titular/es:  
**NORSK HYDRO ASA**  
**DRAMMERSVEIEN 264, VAEKERO**  
**0240 OSLO, NO**

72 Inventor/es:  
**AURAN, Lars;**  
**NORDLIEN, Jan Halvor;**  
**LEWIN, Carl y**  
**NIELSEN, Henrik**

74 Agente/Representante:  
**de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 382 485 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**

Procedimiento para fabricar un intercambiador de calor

5 La invención se refiere a un procedimiento para fabricar un intercambiador de calor que comprende, extraer un número de tubos de aluminio intercambiadores de calor, conectar las porciones finales de los tubos intercambiadores de calor con elementos de conexión y, opcionalmente, aplicar aletas a la superficie exterior de los tubos intercambiadores de calor, en el que antes del montaje del intercambiador de calor, los tubos están provistos de un revestimiento que contiene Si y, después del montaje, los diferentes elementos se sueldan juntos con soldadura fuerte.

Se conoce, de forma general, un intercambiador de calor semejante, que utiliza revestimientos de soldadura fuerte que contienen Si, y está descrito por ejemplo en los documentos US 4981526, US 5100048, y US 6234377.

10 Además, el documento US 5464146 describe un procedimiento para soldar con soldadura fuerte un intercambiador de calor que comprende tubos intercambiadores de calor extruidos, en los que antes del montaje del intercambiador de calor, los tubos están provistos de un revestimiento que contiene Si. Los tubos intercambiadores de calor están hechos de una aleación de aluminio, AA3003, que contiene Mn: 0,15 - 0,8%, Si: <0,6%, Fe: <0,7%, Cu: 0,1 - 0,3%, Mg: 0,15 - 0,8%; Cr: <0,2%, un 0,05% de Ni opcional, siendo el resto aluminio.

15 Estos intercambiadores de calor están diseñados para ser usados en equipos móviles tales como automóviles y, por lo tanto, muy susceptibles a la corrosión. La corrosión tiene lugar sobre las partes del intercambiador de calor con potencial de corrosión más bajo, o las partes que son menos nobles que las otras partes del intercambiador de calor, y pueden conducir a un fallo prematuro del intercambiador de calor como un resultado de las fugas.

20 Es un objeto de la invención proporcionar un procedimiento, como el abajo descrito, para fabricar un intercambiador de calor en el que se han evitado estos problemas.

Este objeto se obtiene en el sentido de que los tubos intercambiadores de calor están hechos de una aleación de aluminio que contiene 0,45 - 1,40% en peso de Mn

0,00 - 0,20% en peso de Si

0,00 - 0,30% en peso de Fe

25 0,00 - 0,45% en peso de Cu

0,00 - 0,05% en peso de Mg

0,00 - 0,30% en peso de Cr

30 Durante la soldadura fuerte, diversos elementos difundirán desde el revestimiento (fundido) hacia la parte central y viceversa, dando como resultado una zona de difusión entre el revestimiento y la parte central. El silicio es uno de los principales elementos que difunden rápidamente, y difunde desde el revestimiento (fundido) hacia la parte central. El silicio disminuye la cantidad de manganeso disuelto mediante la formación de precipitados de  $\alpha$ -AlMnSi. Esto disminuye la concentración de manganeso en la solución sólida, en la zona de difusión, si se compara con la parte central. El potencial de corrosión del aluminio está en gran medida determinado por los elementos que hay en la solución sólida. A medida que el manganeso en la solución sólida aumenta lo hace el potencial de corrosión y, por tanto, hace al material más noble, la zona de difusión tendrá un gradiente de concentración de manganeso en la solución sólida con un potencial de corrosión más bajo que la parte central. Como consecuencia, la forma de corrosión cambiará de corrosión en forma de picaduras a una preferencial corrosión lateral, mejorando por ello, sustancialmente, la durabilidad de la lámina con soldadura fuerte.

La cantidad de Mn en la solución sólida es de al menos el 0,4% en peso.

40 Asegurando semejante cantidad de Mn en solución sólida, el proceso de soldadura fuerte proporcionará, mediante la difusión del Si y la precipitación de partículas que contienen Mn en la zona de difusión, la diferencia de potencial de corrosión requerida entre la capa próxima a la superficie y el material subyacente.

45 Otras ventajas y características de la invención se aclararán mediante la siguiente descripción, en la que se hace referencia al dibujo anexo que muestra un intercambiador de calor como un ejemplo de un producto que se va a obtener con el procedimiento según la invención.

50 La soldadura fuerte es una manera de unir dos piezas de metal o de aleaciones metálicas. Los componentes metálicos se unen con un material conocido como metal de aporte para soldadura fuerte. Una importante característica del metal de aporte es que tiene un punto de fusión inferior al de los metales que se están uniendo. En las piezas de trabajo, se coloca, normalmente, una aleación (por ejemplo, una aleación de aluminio y silicio) entre las superficies que se van a unir, y las piezas de trabajo se calientan a una temperatura que funde la aleación pero no la pieza de trabajo subyacente. Al enfriar, la aleación solidifica como una unión entre las piezas de trabajo. La aleación se es-

parece habitualmente sobre las superficies de las piezas en una operación de revestimiento por formación de una lámina entre ellas.

Ya que se puede realizar simultáneamente una soldadura fuerte entre muchas partes, este método de soldadura fuerte está establecido como un método industrial de fabricación de diversos productos que incluyen el núcleo de un intercambiador de calor.

En la técnica se conoce el uso de una lámina de soldadura fuerte en, por ejemplo, intercambiadores de calor, enfriadores de aceite, interenfriadores, evaporadores o condensadores de automóviles, u otros vehículos y aplicaciones que usan intercambiadores de calor. Convencionalmente, estos montajes se hacen a partir de láminas de soldadura fuerte que usan aleaciones de Al-Mn basadas en el aluminio; o aleaciones de Al-Mn-Si basadas en el aluminio, como material del núcleo, y aleaciones de Al-Si basadas en aluminio, típicamente aleaciones de la serie AA4xxx, como material de aporte de soldadura fuerte para el revestimiento.

Convencionalmente, la soldadura fuerte de artículos de aleaciones de aluminio para montajes, se lleva a cabo manteniendo la temperatura cercana a 600°C, excediendo por ello el punto de fusión (temperatura de liquidus) del metal de aporte para la soldadura fuerte. La soldadura fuerte en atmósfera controlada (CAB) (del inglés; Controlled Atmosphere Brazing) y la soldadura fuerte a vacío, son los dos procedimientos principales usados para realizar soldadura fuerte de aluminio, a escala industrial, usándose la soldadura fuerte industrial a vacío desde los años cincuenta. El CAB se hizo popular a principios de los ochenta, después de la introducción de los complejos de fluoroaluminato de potasio usados para romper el óxido.

Tradicionalmente, el cabezal y el tubo, o el cabezal y la aleta, contienen el material de aporte necesario para asegurar la formación de la unión durante la soldadura fuerte. Las combinaciones de montaje de un núcleo de un cambiador de calor típico son:

1. Materia prima de la aleta revestida/materia prima del tubo soldado/materia prima del cabezal revestido y soldado.
2. Materia prima de la aleta revestida/material del tubo extruido/materia prima del cabezal revestido y soldado.
3. Materia prima de la aleta sin revestir/materia prima del tubo revestido y soldado/materia prima del cabezal revestido y soldado.

Las denominadas láminas de soldadura fuerte de larga duración que muestran una excelente resistencia a la corrosión, se desarrollaron originalmente a finales de los ochenta. La resistencia a la corrosión mejorada se basa esencialmente en utilizar el ciclo de soldadura fuerte para formar una capa de sacrificio. El concepto de capa de sacrificio se ha descrito en los documentos EP-A-0326337 y EP-0327245. Antes de la soldadura fuerte, la lámina consiste en una aleación central AA3xxx (que contiene Mn) y un revestimiento con una aleación 4xxx (con alto contenido de Si). Durante la soldadura fuerte diversos elementos difundirán desde el revestimiento (fundido) hacia la parte central y viceversa, dando como resultado una zona de difusión entre el revestimiento y la zona central. El silicio es uno de los elementos principales que difunden rápidamente, y difunde desde el revestimiento (fundido) hacia la zona central. El silicio disminuye la cantidad de manganeso disuelto por formación de precipitados de  $\alpha$ -AlMnSi. Esto disminuye la concentración de manganeso en la solución sólida, en la zona de difusión, si se compara con la zona central subyacente. El potencial de corrosión del aluminio está en gran medida determinado por los elementos que hay en la solución sólida. A medida que el manganeso en la solución sólida aumenta lo hace el potencial de corrosión y, por tanto, hace al material más noble, la zona de difusión tendrá un gradiente de concentración de manganeso en la solución sólida con un potencial de corrosión más bajo que la parte central. Como consecuencia, la forma de corrosión cambiará de corrosión en forma de picaduras a una preferencial corrosión lateral, mejorando por ello, sustancialmente, la durabilidad de la lámina con soldadura fuerte. El espesor de la zona de difusión es habitualmente alrededor de 40 a 80  $\mu$ m. La cuestión clave en las aleaciones de las láminas de larga duración es mantener, en la medida posible, el contenido de manganeso de la zona central en solución sólida durante el tratamiento. Esto se consigue, principalmente, omitiendo el paso de homogeneización después de la colada. El manganeso se sobresatura fácilmente y el paso de homogeneización disminuirá significativamente el nivel de Mn en solución sólida.

Sin embargo, en casos donde se requiere estabilidad mecánica y resistencia añadida a elevada temperatura, es necesario algún tipo de tratamiento térmico a alta temperatura antes de la extrusión. Por lo tanto, en estos casos, se debe hacer un compromiso entre la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión, dependiente del tipo de aplicación.

Cuando se usan aleaciones en los tubos extruidos del intercambiador de calor, la situación hasta ahora, ha sido usar habitualmente el tubo extruido en combinación con la materia prima de la aleta revestida, junto con diversas soluciones para el cabezal (material prima para el cabezal revestido y soldado, tubo extruido con la inserción de deflectores, etc.), ya que hasta ahora no se ha formado un gradiente de difusión durante la soldadura fuerte por carecer de una fuente de Si en la superficie del tubo extruido. El enfoque ha sido, por lo tanto, crear aleaciones de larga dura-

ción reduciendo la susceptibilidad a la corrosión por formación de picaduras de las propias aleaciones del tubo desprovisto de revestimiento, y mejorar la unión galvánica al material de la aleta y del cabezal.

5 Desde el punto de vista del coste, hasta ahora todavía no ha sido factible producir aleaciones para tubos extruidos, a escala de producción en masa, con una capa de revestimiento, o aplicando un material de aporte que actúe de la misma manera que la capa de revestimiento, vista en las aleaciones para intercambiadores de calor con lámina de revestimiento. Por eso, en el caso de aleaciones para tubos de aluminio extruidos para componentes de aluminio sometidos a soldadura fuerte, no se ha dado, hasta ahora, ningún enfoque a la formación de una banda de precipitados.

10 Recientemente, se han desarrollado revestimientos orgánicos que contienen fundente y Si, haciendo así posible aplicar el revestimiento que contiene fundente y Si por medio de un procedimiento de aplicación de revestimientos que sea técnicamente simple. La parte del revestimiento por soldadura fuerte que proporciona Si puede ser cualquier tipo de polvo de Al-Si, polvo de Si, o una sal reactiva en forma de  $K_2SiF_6$ . Si se usa la sal reactiva de  $K_2SiF_6$ , esta sal proporcionará a la vez el Si y la formación de fundente requerido para asegurar la formación del aporte apropiado. Si, por otro lado, se usan otras fuentes de Si, se requiere también un fundente adicional en el revestimiento con el fin de romper el óxido. El tipo de fundente para soldadura fuerte no es un factor que limite este procedimiento, ya que se puede usar cualquier tipo del denominado fundente no corrosivo o fundente reactivo no corrosivo.

20 El revestimiento se puede aplicar mediante diferentes técnicas, tales como por medio de revestimiento por rociado, revestimiento por inmersión, revestimiento por laminación, técnicas de impresión por transferencia mediante rodillos, tampografía, serigrafía. Con el fin de asegurar una buena capacidad de realizar una soldadura fuerte de los componentes revestidos por soldadura fuerte con fundente, es importante asegurar la adecuada retirada del aglutinante antes de realizar la soldadura fuerte. Normalmente, la resina, o resinas, orgánica usada en los revestimientos por soldadura fuerte con fundente, tiene una composición que se volatiliza en el intervalo de 200 - 450°C, y muy comúnmente en el intervalo de 320 - 450°C. Esta clase de revestimiento asegurará, durante la soldadura fuerte, que se puede producir la formación de una unión apropiada de soldadura fuerte entre, por ejemplo, un tubo extruido revestido y el material de la aleta sin revestir. Como consecuencia, este tipo de revestimiento se aplica, en la actualidad, sobre el material del tubo extruido a una escala de producción en masa.

25 Con el fin de utilizar el mecanismo de formación de la banda de precipitados, vista al utilizar revestimientos que contienen Si, se entiende que se deberán aplicar aleaciones para tubos extruidos, con un alto contenido de Mn.

30 Se ha descubierto que el Cr añadido a las aleaciones que contienen Mn fomenta una fina dispersión de partículas que contienen Mn y Cr. Por lo tanto, la adición de Cr a las aleaciones brutas sería también beneficiosa.

Por eso, con el fin de producir una banda de precipitados sobre las aleaciones para tubos extruidos, se deben cumplir las siguientes condiciones con respecto a la composición de la aleación.

Elemento	Mínimo %	Máximo %
Mn	0,5	1,4
Si	-	0,5
Fe	-	0,25
Cu	-	0,4
Cr	-	0,3
Mg	-	0,05

35 La carga de Si en el revestimiento de soldadura fuerte aplicado sobre los tubos extruidos necesita ser  $>2 \text{ g/m}^2$ , con el fin de obtener a la vez una buena formación de uniones y una buena difusión del Si entrante.

Con el fin de formar una banda de precipitados es la región superficial del tubo, o de los tubos, extruido y revestido por soldadura fuerte durante el proceso de soldadura fuerte, el nivel de Mn en solución sólida antes de la soldadura fuerte necesita ser tan alto como sea posible y  $\geq 0,4\%$ .

40 Por otro lado, como es importante mantener el nivel de Mn en la solución sólida tan alto como sea posible, se necesita ajustar el contenido de Si en la aleación de aluminio de acuerdo con el contenido global de Mn. El aumento del contenido de Si en la aleación, mejora la estabilidad a temperatura elevada, que es importante con respecto a las aplicaciones del intercambiador de calor. Sin embargo, el aumento del contenido de Si en la aleación central extruida da como resultado la formación de precipitados de  $\alpha\text{-AlMnSi}$ , reduciendo por ello el nivel de Mn en solución sólida por debajo del nivel preferible.

5 La patente cubre aleaciones con diferentes niveles de resistencia, como se refleja en las composiciones químicas de las reivindicaciones 5 a 8. Se añade Cr para la estabilidad a temperatura incrementada. Se añade Cu en algunos casos para proporcionar compatibilidad electroquímica con otros miembros del componente soldado con soldadura fuerte. El Mg se mantiene bajo para facilitar la soldadura fuerte en atmósfera controlada (CAB). El Fe se mantiene bajo para mejorar la resistencia a la corrosión de las aleaciones.

Por otro lado, para tubos extruidos de conexiones múltiples, la carga de Si debe ser  $<8 \text{ g/m}^2$  con el fin de evitar las perforaciones por exceso de calor.

Para tubos extruidos usados en tuberías de distribución, la carga de Si debe ser  $>4 \text{ g/m}^2$  y  $<25 \text{ g/m}^2$ .

10 Utilizar la formación de una banda densa de precipitados sobre aleaciones para tubos extruidos, durante la soldadura fuerte de los componentes de aluminio, significa que por primera vez se pueden conseguir las propiedades de los tubos de larga duración con los productos de tubos extruidos de la misma manera que con los materiales en forma de lámina de los intercambiadores de calor.

15 El comportamiento mejorado del componente de aluminio sometido a soldadura fuerte, frente a la corrosión, se puede obtener con un mayor grado de libertad en la combinación de la aleación que el que se ve en la actualidad cuando se usan componentes de aluminio sometidos a soldadura fuerte que contienen miembros con material para tubos extruidos.

Algunas de las ventajas son:

- Mejorada resistencia a la corrosión de los componentes de aluminio sometidos a soldadura fuerte
- Diseños más flexibles en términos de aleaciones y geometría
- 20 · Reducción del espesor de las partes críticas (mayor larga duración de los tubos extruidos)
- Reducción de costes (más libertad en términos de combinaciones de las aleaciones)

Todas las aplicaciones de los componentes de aluminio sometidos a soldadura fuerte, donde se requiere resistencia a la corrosión de uno de los componentes de la pieza de trabajo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para fabricar un intercambiador de calor que comprende, extraer un número de tubos intercambiadores de calor, conectar las porciones finales de los tubos intercambiadores de calor con elementos de conexión y, opcionalmente, aplicar aletas a la superficie exterior de los tubos intercambiadores de calor, en el que antes del montaje del intercambiador de calor, los tubos están provistos de un revestimiento que contiene Si y, después del montaje, los diferentes elementos se sueldan juntos con soldadura fuerte, caracterizado porque los tubos intercambiadores de calor están hechos de una aleación de aluminio que contiene:
- 5
- 0,45 - 1,40% en peso de Mn, donde la cantidad de Mn en solución sólida es de al menos el 0,4% en peso,
  - 0,00 - 0,20% en peso de Si
- 10
- 0,00 - 0,30% en peso de Fe
  - 0,00 - 0,45% en peso de Cu
  - 0,00 - 0,05% en peso de Mg
  - 0,00 - 0,30% en peso de Cr
- el resto aluminio, y donde las impurezas inevitables se fijan a un máximo del 0,05% en peso.
- 15
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el revestimiento que contiene Si, contiene al menos 2 g/m<sup>2</sup> de Si.
3. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 2, caracterizado porque el revestimiento que contiene Si, contiene al menos 25 g/m<sup>2</sup> de Si.
- 20
4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 3, caracterizado porque el revestimiento que contiene Si, contiene al menos 4 g/m<sup>2</sup> de Si y/o menos de 8 g/m<sup>2</sup> de Si.
5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, caracterizado porque la aleación de aluminio contiene:
- 1,25 - 1,40% en peso de Mn
  - 0,00 - 0,50% en peso de Si
- 25
- 0,00 - 0,25% en peso de Fe
  - 0,00 - 0,30% en peso de Cu
  - 0,00 - 0,05% en peso de Mg
  - 0,00 - 0,30% en peso de Cr
- 30
6. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, caracterizado porque la aleación de aluminio contiene:
- 0,90 - 1,25% en peso de Mn
  - 0,00 - 0,40% en peso de Si
  - 0,00 - 0,25% en peso de Fe
  - 0,00 - 0,30% en peso de Cu
- 35
- 0,00 - 0,05% en peso de Mg
  - 0,00 - 0,25% en peso de Cr
7. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, caracterizado porque la aleación de aluminio contiene:
- 0,65 - 0,90% en peso de Mn
- 40
- 0,00 - 0,30% en peso de Si
  - 0,00 - 0,25% en peso de Fe

0,00 - 0,35% en peso de Cu

0,00 - 0,05% en peso de Mg

0,00 - 0,15% en peso de Cr

5 8. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 – 4, caracterizado porque la aleación de aluminio contiene:

0,45 – 0,65% en peso de Mn

0,00 - 0,20% en peso de Si

0,00 - 0,25% en peso de Fe

0,00 - 0,45% en peso de Cu

10 0,00 - 0,05% en peso de Mg

0,00 - 0,10% en peso de Cr