

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 771**

51 Int. Cl.:

F28F 21/08 (2006.01)

C22C 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2003** **E 03782038 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016** **EP 1576332**

54 Título: **Conjunto de tubo y aleta de aleación de aluminio para intercambiadores de calor que tiene resistencia mejorada tras la soldadura con bronce**

30 Prioridad:

23.12.2002 US 436022 P

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

02.06.2016

73 Titular/es:

**ALCAN INTERNATIONAL LIMITED (100.0%)
1188 SHERBROOKE STREET WEST
MONTREAL QUEBEC H3A 3G2, CA**

72 Inventor/es:

**PARSON, NICHOLAS, CHARLES;
GRAY, ALAN;
MAROIS, PIERRE, HENRI y
RAMANAN, THIAGARAJAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 572 771 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

Conjunto de tubo y aleta de aleación de aluminio para intercambiadores de calor que tiene resistencia mejorada tras la soldadura con bronce

5 **Campo técnico**
Esta invención se refiere a conjuntos soldados con bronce para intercambiadores de calor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Se conocen dichos conjuntos a partir del documento US 6.408.938 B2

Antecedentes de la invención

15 La tubería de microorificios de aluminio producida comercialmente para su uso en aplicaciones de soldadura con bronce se produce generalmente de la siguiente manera. El lingote de extrusión se cuele y opcionalmente se homogeneiza calentando el metal a una temperatura elevada y a continuación enfriando de una manera controlada. A continuación, el lingote se recalienta y extrude en una tubería de microorificios. Esta se pulveriza térmicamente de forma general con cinc antes de inactivar, secar y enrollar. A continuación, las bobinas se desenrollan, se estiran y se cortan de acuerdo con la longitud. Los tubos obtenidos reciben a continuación elementos superpuestos con aletas corrugadas con metal de relleno entre los diferentes tubos y los extremos se insertan a continuación en los cabezales. A continuación, los conjuntos se zunchan, se recubren con el material de soldadura con bronce y se secan.

25 Los conjuntos se pueden exponer a un ciclo de soldadura con bronce en hornos discontinuos o de túnel. Generalmente, la mayoría de condensadores se producen en hornos de túnel. Los conjuntos se colocan en cintas transportadoras o en bandejas que progresan a través de diversas secciones del horno hasta que alcanzan la zona de soldadura con bronce. La soldadura con bronce se lleva a cabo en una atmósfera de nitrógeno. La velocidad de calentamiento de los conjuntos depende del tamaño y la masa de la unidad, pero la velocidad de calentamiento suele ser de aproximadamente 20 °C/min. El tiempo y la temperatura del ciclo de soldadura con bronce depende la configuración de la pieza, pero se lleva a cabo normalmente entre 595 y 610 °C durante 1 a 30 minutos.

35 Un problema con el uso de productos de aleaciones de aluminio en ambientes corrosivos, tales como en las tuberías de un intercambiador de calor de automóviles, es la corrosión por picadura. Una vez que comienzan a formarse las pequeñas picaduras, la corrosión se concentra activamente en la región de las picaduras, de tal manera que se produce la perforación y el fallo de la aleación mucho más rápidamente que si la corrosión fuera más general. Con dicha relación de áreas del ánodo/cátodo grande, la velocidad de disolución en los sitios activos es muy rápida y los tubos fabricados a partir de aleaciones convencionales pueden perforarse rápidamente, por ejemplo, en 2-6 días en el ensayo SWAAT.

40 El revestimiento de cinc aplicado al tubo tras la extrusión actúa para inhibir la corrosión del propio tubo. Sin embargo, durante el ciclo de soldadura con bronce, la capa de Zn sobre el tubo extruido comienza a fundirse a aproximadamente 450 °C y, una vez fundida, desaparece de la unión del empalme/tubo mediante acción capilar. Esto se produce antes de que se funda el revestimiento de Al-Si (material de la aleta) a aproximadamente 570 °C y, como resultado, el empalme entre el tubo y la aleta queda enriquecido en Zn, convirtiéndose en electroquímicamente sacrificable con respecto a la aleta que lo rodea y al material del tubo. Un problema con el pulverizado térmico con cinc antes de la soldadura con bronce es, por tanto, que los empalmes mediante soldadura con bronce quedan enriquecidos en cinc y tienden a ser las primeras piezas de las unidades que se corroen. Como resultado, las aletas quedan separadas de los tubos, reduciendo la eficacia térmica del intercambiador de calor.

50 Además de estos efectos físicos, cualquier enriquecimiento de la región del empalme con Zn tiene el efecto de reducir la conductividad térmica de la interfase de transferencia de calor principal entre el tubo/la aleta. También existe un deseo de dejar de utilizar el cinc para ahorrar costes y por motivos del entorno del lugar de trabajo.

55 En un conjunto de tubos y aletas soldados con bronce, se ha descubierto que es ventajoso que las aletas se corroan en primer lugar y proteger de esta forma los tubos galvánicamente. La mayoría de las aleaciones de las aletas utilizadas con los tubos extrudidos son aleaciones de revestimiento donde las aleaciones del núcleo son cualquiera de las aleaciones basadas en las series 3XXX o 7XXX y contienen algo de cinc para convertirlas en electronegativas, y proporcionar de esta forma este tipo de protección. Haciendo la aleta suficientemente electronegativa, los tubos a los cuales se sueldan las aletas pueden, de esta manera, quedar protegidos, si se aumenta suficientemente el contenido de cinc de la aleta. Sin embargo, esto tiene un impacto negativo sobre la conductividad térmica de la aleta y sobre la reciclabilidad en última instancia de la unidad. Además, si el material es demasiado electronegativo, puede corroerse demasiado rápido y comprometer por tanto el comportamiento térmico del intercambiador de calor completo. El potencial de corrosión y la diferencia entre el potencial de corrosión del tubo y la aleta se han usado frecuentemente para seleccionar las aleaciones del tubo y de la aleta para que sean galvánicamente compatibles (de tal manera que se corroe antes la aleta que el tubo). Esta técnica sirve para proporcionar una clasificación galvánica aproximada. A fin de obtener una determinación verdadera del

comportamiento de dichas combinaciones, se ha descubierto que la medida de la dirección y la magnitud de la corriente galvánica permite una mejor determinación del comportamiento en última instancia. Se han hecho pocos intentos para optimizar la combinación tubo-aleta en los intercambiadores de calor basados en tubos extrudidos mediante el uso solo de aleaciones adecuadas ya que, en su lugar, se utilizan ampliamente los revestimientos de cinc. Una restricción de dicha optimización es que debe seguir siendo posible extruir los tubos sin dificultad.

Anthony et al., patente de Estados Unidos n.º 3.878.871, concedida el 22 de abril de 1975, describen un material compuesto de una aleación de aluminio resistente a la corrosión que comprende un núcleo de aleación de aluminio que contiene de 0,1 a 0,8 % de manganeso y de 0,05 a 0,5 % de silicio, y una capa de material de revestimiento que es una aleación de aluminio que contiene de 0,8 a 1,2 % de manganeso y de 0,1 a 0,4 % de cinc.

Sircar, patente de estados Unidos n.º 5.785.776, concedida el 28 de julio de 1998, describe una aleación de aluminio de la serie AA3000 resistente a la corrosión que contiene cantidades controladas de cobre, cinc y titanio. Tiene un contenido de titanio de 0,03 a 0,30 %, pero este nivel de titanio aumenta las presiones requeridas para la extrusión, lo que en última instancia disminuirá la productividad.

En Jeffrey et al., patente de estados unidos 6.284.386, concedida el 4 de septiembre de 2001, se describen productos de aleación de aluminio extrudidos que tienen una elevada resistencia a la corrosión por picadura en los que la aleación contiene aproximadamente de 0,001 a 0,3 % de cinc y aproximadamente de 0,001 a 0,03 % de titanio. Las aleaciones contienen también preferentemente aproximadamente de 0,001 a 0,5 % de manganeso y aproximadamente de 0,03 a 0,4 % de silicio. Estos productos extrudidos son particularmente útiles en la forma de tubos extrudidos para intercambiadores de calor ensamblados mecánicamente

Es el objetivo de la presente invención proporcionar un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce que consiste en una tubería y aletas extrudidas en la que la aleación de la tubería está optimizada para minimizar la autocorrosión y de esta manera, el intercambiador de calor está protegido de la corrosión global por la lenta corrosión de las aletas.

Divulgación de la invención

La invención se refiere a un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con la reivindicación 1.

Las aleaciones de las aletas de este tipo tienen suficientes propiedades mecánicas para satisfacer los requisitos de construcción de los intercambiadores de calor.

Parece que la combinación anterior única de elementos aleantes de los tubos proporciona resultados inesperadamente buenos contra la autocorrosión de los tubos, sin necesidad de ningún tipo de revestimiento de cinc. Análogamente, manteniendo el contenido de manganeso de la aleación del tubo en un 0,8% en peso del de la aleta o mayor o igual al contenido de manganeso de la aleta, la aleta sigue siendo sacrificable, protegiendo de esta forma el tubo, y la corriente de corrosión galvánica permanece relativamente baja, de forma que la aleta no se corroe tan rápidamente durante el servicio para que el comportamiento térmico del conjunto se vea afectado.

La combinación anterior de aletas de aleación de aluminio y tubos extrudidos cuando se montan y se sueldan en el horno muestra una corrosión muy lenta y uniforme de las superficies expuestas de las aletas, en lugar de picaduras localizadas en el tubo. La invención es especialmente útil cuando los tubos son tubos con microorificios y el montaje se ha soldado con bronce en el horno con una atmósfera inerte.

Cuando un intercambiador de calor soldado con bronce se fabrica con estas limitaciones de aleación, los tubos intercambiadores de calor se pueden usar sin un tratamiento de cincación. El tubo intercambiador de calor no muestra autocorrosión en áreas alejadas de las aletas (por ejemplo, entre medias del calentador y la aleta), y las aletas se corroen antes que la tubería, pero a una velocidad suficientemente lenta para asegurar que el comportamiento del intercambiador de calor se mantiene durante periodos prolongados de tiempo.

Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá junto con las siguientes figuras:

La Figura 1 es una micrografía de una sección de un conjunto de tubo y aleta soldado con bronce de una combinación de aleta y tubo fuera del alcance de la presente invención.

La Figura 2 es una micrografía de una sección de un conjunto de tubo y aleta soldado con bronce de otra combinación de aleta y tubo fuera del alcance de la presente invención.

La Figura 3 es una micrografía de una sección de un conjunto de tubo y aleta soldado con bronce de una combinación de aleta y tubo comprendida en el alcance de la presente invención.

La Figura 4 es una gráfica del potencial de corrosión en función del contenido de manganeso de diversos materiales de tubos extrudidos y aleta que muestra la relación entre el contenido de manganeso y el

comportamiento de la corrosión.

Mejores modos de llevar a cabo la invención

5 De acuerdo con una característica preferida, la aleación de la aleta tiene menos de aproximadamente 0,05 % en peso de cobre para convertirla en galvánicamente compatible con la cantidad de cobre del tubo extrudido.

10 El manganeso de la aleación del tubo en la cantidad especificada proporciona una buena protección contra la autocorrosión junto con una adecuada resistencia mecánica que sigue permitiendo que la tubería se extruda fácilmente. Si el manganeso es menos del 0,4 % en peso, el propio tubo puede corroerse cuando se acopla con la aleta, y si es mayor de 1,1 % en peso, la extrudabilidad del material se ve afectada negativamente. Cuando los niveles de manganeso en la aleación del tubo son menores que el manganeso en la aleación de la aleta, entonces la aleta sigue siendo sacrificable con respecto al tubo, la corriente de corrosión sigue siendo baja y, por tanto, la velocidad de corrosión de la aleta es aceptable. Para cumplir los requerimientos de compatibilidad en un amplio intervalo de condiciones, se prefiere que el nivel de manganeso en el tubo sea por tanto mayor del 0,6 % en peso.

15 Las condiciones del manganeso se pueden expresar como una fórmula,
 $Mn_{tubo} > Mn_{aleta} - 0,8$, con la condición de que Mn_{tubo} esté en el intervalo de 0,4 a 1,1 % en peso o más preferentemente

20 $Mn_{tubo} > Mn_{aleta} - 0,6$, con la condición de que Mn_{tubo} esté en el intervalo de 0,4 a 1,1 % en peso

Una composición de aleación de tubo particularmente preferida contiene de 0,9 a 1,1 % en peso de manganeso, ya que esto representa una aleación que se puede extrudir en los tubos deseados a la vez que se minimizan las diferencias en las concentraciones de manganeso entre el tubo y la aleta.

25 También, la aleta sigue siendo sacrificable con respecto al tubo si el contenido de manganeso es mayor que o igual al del tubo, pero como muchas aleaciones de aletas comerciales tienen niveles de Mn de aproximadamente 1 %, las aleaciones de tubos que tienen más de un 1 % de manganeso son generalmente menos útiles en la presente invención debido a la dificultad aumentada de la extrudabilidad.

30 El contenido relativo de manganeso de las aleaciones de las aletas y tubos pueden expresarse también por la corriente de corrosión galvánica medida. La corriente de corrosión galvánica medida de la aleta al tubo debe exceder preferentemente +0,05 microamperios por centímetro cuadrado cuando se mide según la norma ASTM G71-81.

35 El contenido del cinc del tubo debe mantenerse a un nivel bajo para asegurar que la aleta sigue siendo sacrificable con respecto al tubo. Incluso niveles relativamente bajos de cinc pueden alterar la corriente de corrosión galvánica y alterar por tanto esta relación de sacrificio. El cinc debe mantenerse, por tanto, por debajo del 0,05 % en peso, más preferentemente por debajo del 0,03 % en peso.

40 Hierro, silicio, cobre y níquel contribuyen a la autocorrosión del tubo y, por tanto, deben estar por debajo de los niveles indicados. Además, el hierro por encima del 0,2 % en peso da como resultado una mala calidad superficial de la extrusión.

Las adiciones de titanio a la aleación dificultan la extrusión y, por tanto, el titanio debe ser menor de 0,05 % en peso

45 Los lingotes de aleación se homogeneizan preferentemente entre 580 y 620 °C antes de la extrusión en tubos.

Ejemplo 1

Se llevaron a cabo los ensayos utilizando las aleaciones relacionadas en la siguiente Tabla 1:

50

Tabla 1

Aleación	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Si	Ti	Zn
A	< 0,001	0,09	< 0,001	0,22	< 0,001	0,058	0,017	0,004
B	0,014	0,07	< 0,001	0,23	< 0,001	0,07	0,008	0,17
C	0,015	0,51	0,021	0,33	0,001	0,32	0,014	0,007
D	0,001	0,08	< 0,001	0,98	0,002	0,064	0,014	0,18
E	0,015	0,09	< 0,001	1,00	< 0,001	0,07	0,007	0,18
F	< 0,001	0,08	< 0,001	0,98	0,001	0,071	0,008	0,005
G	0,006	0,11	0,001	0,42	0,001	0,078	0,023	0,027
H	0,006	0,10	0,002	0,63	0,001	0,079	0,021	0,029
I	0,001	0,09	< 0,001	0,61	0,002	0,08	0,016	0,002
J	0,0035	0,11	< 0,001	0,62	0,002	0,009	0,016	0,002
K	0,08	0,59	< 0,001	1,05	< 0,001	0,23	0,01	0,01

Estas aleaciones se colaron en lingotes de 152 mm de diámetro. La aleación C era una aleación 3102 comercial y la aleación K una aleación 3003 comercial. Los lingotes se maquinaron adicionalmente por debajo de 97 mm de diámetro y se homogeneizaron entre 580 y 620 °C. Se extrudieron en tubos. Las muestras de la tubería se sometieron a un proceso de soldadura con bronce simulado y a continuación se sometieron a un ensayo SWAAT utilizando la norma ASTM G85 Anexo 3 y se midieron las corrientes de corrosión galvánicas frente a un material de chapa para aletas normalizado fabricado a partir de la aleación AA3003 que contiene un 1,5 % en peso de cinc añadido y revestido con la aleación AA4043 a la que se había proporcionado también un ciclo de soldadura con bronce simulado, de acuerdo con la norma ASTM G71-81. En la Tabla 2 siguiente se muestran los resultados:

10

Tabla 2

Aleación	Vida SWAAT (días)	Corriente de corrosión galvánica ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) *
A	56	-3,2
B	<20	
D	56	-2,4
E	<20	
F	56	0,2
G	55	3,1
H	55	5
I	55	
J	55	
F sin homogeneizar	21	
C cincada	56	-26,9
K	<5	

* corriente de corrosión +ve= flujo de corriente de la aleta al tubo
corriente de corrosión -ve = flujo de corriente del tubo a la aleta

15

Se muestran para comparación los resultados de un ensayo llevado a cabo sobre un tubo 3102 cincado (por ejemplo, Aleación C, extrudida y cincada). En la Tabla 2, una vida SWAAT de 55 a 56 días no indicó perforación en el tubo debida a autocorrosión y una corriente de corrosión galvánica positiva indica que la aleta se corroe preferentemente. Un valor pequeño indica una velocidad de corrosión baja. Se extruyó también una muestra de aleación F sin homogeneización y se sometió a un ensayo SWAAT.

20

Las aleaciones A, D tienen composiciones fuera del intervalo reivindicado. Muestran sin embargo un excelente comportamiento SWAAT, lo que indica que, en lo que respecta a la autocorrosión, estas aleaciones serían también aceptables incluso cuando la cantidad de Mn es menor que el intervalo de la presente invención. Se cree que esto es un resultado de las bajas concentraciones de Cu, Fe y Ni en estas aleaciones. La cantidad de Mn presente no tiene efecto significativo sobre el comportamiento de autocorrosión. Sin embargo, la corriente de corrosión galvánica es inaceptable para estas composiciones. Se cree que se debe a que los niveles de manganeso son demasiado bajos en un caso y a que los niveles de cinc son demasiado altos en el otro. Estos elementos son importantes para asegurar un comportamiento aceptable del acoplamiento galvánico aleta-tubo.

25

30

Muestras de tuberías del intercambiador de calor extrudidas preparadas a partir de aleaciones A, D y F se soldaron en conjuntos de intercambiador de calor usando aletas fabricadas a partir de AA3003 con 1,5 % de Zn. La composición AA3003 tenía un 1,1 % en peso de Mn. Los conjuntos se expusieron a continuación a un ensayo SWAAT y se examinaron metalográficamente. En las Figuras 1 a 3 se muestran los resultados. Las Figuras 1 y 2, corresponden a la tubería de las aleaciones A y D incorporadas en un intercambiador de calor después de 8 y 7 días de exposición, respectivamente, al ensayo SWAAT. Se observó una corrosión de picadura sustancial de los tubos cerca de la aleta, aunque en los ensayos del tubo solo, no se produjo picadura después de una exposición larga. La figura muestra una combinación de tuberías de la aleación F con la misma superposición de aletas (es decir, una combinación comprendida en el alcance de la presente invención), en la que no se produjeron picaduras a través del espesor hasta después de 20 días de exposición a SWAAT (en comparación con 7 u 8 días para las combinaciones fuera del alcance de la invención). Una vida de 20 días se considera un comportamiento adecuado, según este ensayo.

35

40

Las aleaciones B, E y K tienen una concentración de cobre fuera del intervalo deseado y muestran malos resultados de SWAAT, indicando que las aleaciones con dicho nivel de cobre sufrirían una excesiva autocorrosión, tanto si la composición de manganeso cumple o no los requerimientos. La aleación D tiene un nivel de cinc que excede el intervalo deseado y muestra que, aunque el nivel de manganeso está comprendido en el intervalo deseado, la corriente de corrosión galvánica aleta-tubo es negativa y el tubo se corroería en primer lugar. El comportamiento de autocorrosión (ensayo SWAAT) es aceptable, pero debido a la corrosión galvánica de aleta-tubo, el conjunto completo fallaría. La aleación K tiene también una concentración de Fe y Si por encima de las cantidades requeridas.

45

50

Las aleaciones F, G, I y J se encuentran en el intervalo reivindicado. Las aleaciones F, G y H presentan comportamientos aceptables tanto en los ensayos SWAAT del comportamiento de la tubería como en la corrosión

galvánica. Las aleaciones I y J muestran un buen comportamiento de SWAAT, y carecen de niveles significativos de elementos que proporcionen un mal comportamiento de la corriente galvánica.

5 La aleación F en una condición sin homogeneizar, sin embargo, muestra un comportamiento de SWAAT inaceptable indicando que la homogeneización del producto es una etapa de proceso preferida para conseguir un buen comportamiento.

10 Finalmente, la aleación C era una aleación de tubo normalizada y se sometió a ensayo en forma revestida de cinc. Como se esperaba, esto proporcionó un buen comportamiento de SWAAT, debido a que la capa de cinc es sacrificable con respecto al tubo completo y supera de esta manera los efectos negativos de elementos tales como cobre. La corriente de corrosión galvánica negativa en este caso indica que la capa superficial de cinc es sacrificable como se ha señalado anteriormente. La aleación C tenía menos manganeso que el intervalo deseado y solo se comporta correctamente debido a la presencia del revestimiento de cinc. Sin embargo, como se ha señalado anteriormente, el cinc tiene numerosas características negativas que hacen que no se usa en la presente invención.

15 **Ejemplo 2:**

20 A fin de mostrar el efecto de los cambios en la composición de Mn de la aleta, se compararon los potenciales de corrosión de las diversas aleaciones para tubos del Ejemplo 1 con el potencial de corrosión de diversas aleaciones para aletas. Una condición necesaria para que la aleta sea sacrificable con respecto al tubo es que el potencial de corrosión del tubo sea claramente menos negativo que el potencial de corrosión de la aleta. Se determinó el potencial de corrosión de las aleaciones para tubos del Ejemplo 1 y se representó sobre una gráfica en la Figura 4, que muestra la variación con el contenido de manganeso. Se muestran las curvas para las aleaciones de los tubos en la condición de colada en bruto, así como tras la homogeneización a 580 o 620 °C.

25 Se prepararon diversas aleaciones para aletas (identificadas como muestras 1 a 3) basadas en la AA3003 comercial con una composición con un 1,5 % de Zn, pero que tenían diferentes composiciones de Mn comprendidas en el intervalo de Mn preferido de la presente invención mediante el colada en molde en forma de libro, se procesaron para obtener un calibre de chapa para aletas mediante laminado en caliente y en frío. A continuación, se sometieron a un ciclo de soldadura con bronce simulada y se midió el potencial de corrosión. En la Tabla 3 se proporcionan las composiciones y los potenciales de corrosión medidos.

Tabla 3

Muestra n.º	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Si	Ti	Zn	Ecorr (mV)
1	0,12	0,53	0,010	1,08	0,004	0,29	0,011	1,50	-790
2	0,133	0,55	0,0003	0,9	0,002	0,34	0,007	1,61	-797
3	0,13	0,55	0,0004	1,24	0,002	0,33	0,006	1,63	-786

35 Los potenciales de corrosión de las muestras 1 a 3 se muestran como líneas punteadas horizontales en la Figura 4. Para que el material de la aleta sea sacrificable en comparación con la aleación del tubo, el potencial de corrosión de la aleta debe ser más negativo que el potencial de corrosión de la aleación del tubo. Por motivos prácticos y para tener en cuenta las inevitables variaciones en los materiales, solo se seleccionan composiciones de aleaciones para tubos que tienen potenciales de corrosión que exceden (son menos negativos que) los de la aleta en 25 mV. A partir de la Figura 4, por tanto, se determinó el nivel de manganeso mínimo en el tubo compatible con cada una de las tres composiciones de manganeso para aletas. En la Tabla 4 se proporcionan estas, junto con la composición de manganeso del tubo correspondiente, y la concentración de manganeso mínima para el tubo correspondiente, de acuerdo con la fórmula:

45
$$Mn_{tubo} > Mn_{aleta} - 0,8 \% \text{ en peso excepto } 0,4 \leq Mn_{tubo} \leq 1,1 \% \text{ en peso}$$

Tabla 4

Muestra de la aleta	Mn en la aleta	Mn aceptable mínimo en el tubo medido	Mn aceptable mínimo en el tubo calculado
1	1,08	0,43	0,40
2	0,9	0,40	0,40
3	1,24	0,48	0,44

REIVINDICACIONES

5 1. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce que comprende tubos de intercambiador de calor y
 10 aletas de intercambiador de calor unidos con lo que los tubos soldados con bronce presentan buena protección
 frente a la autocorrosión y las aletas son galvánicamente sacrificables con respecto a los tubos **caracterizado por**
que los tubos son tubos extrudidos formados por una primera aleación de aluminio que comprende del 0,4 al 1,1 %
 en peso de manganeso, hasta un 0,01 % en peso de cobre, hasta un 0,05 % en peso de cinc, hasta un 0,2 % en
 peso de hierro, hasta un 0,2 % en peso de silicio, hasta un 0,01 % en peso de níquel y el resto por aluminio y las
 impurezas incidentales y las aletas están formados por una segunda aleación de aluminio que comprende del 0,9 al
 1,5 % en peso de manganeso y al menos el 0,5 % en peso de cinc.

15 2. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el
 contenido de manganeso de la primera aleación de aluminio está relacionado con el contenido de manganeso de la
 segunda aleación de aluminio por la fórmula.

$$Mn_{\text{tubo}} (\% \text{ en peso}) > Mn_{\text{aleta}} (\% \text{ en peso}) - 0,8 \% \text{ en peso}$$

20 donde Mn_{tubo} es el contenido de manganeso de la primera aleación de aluminio y Mn_{aleta} es el contenido de
 manganeso de la segunda aleación de aluminio.

3. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con la reivindicación 1 o con la
 reivindicación 2, en el que la segunda aleación de aluminio contiene menos del 0,05 % en peso de cobre.

25 4. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones
 1 a 3, en donde la corriente galvánica de la aleta al tubo es mayor de +0,05 microamperios por centímetro cuadrado.

5. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones
 1 a 4, en el que la primera aleación de aluminio contiene entre el 0,6 y el 1,1 % en peso de manganeso.

30 6. Un conjunto de intercambiador de calor soldado con bronce de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la
 primera aleación de aluminio contiene entre el 0,9 y el 1,1 % en peso de manganeso.

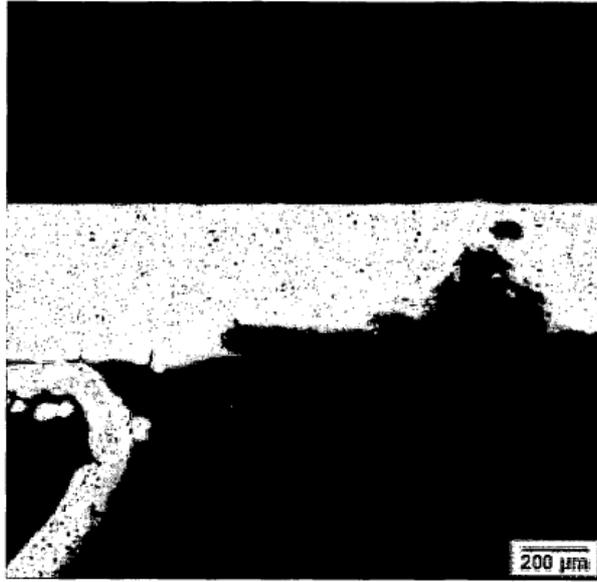


FIG. 1

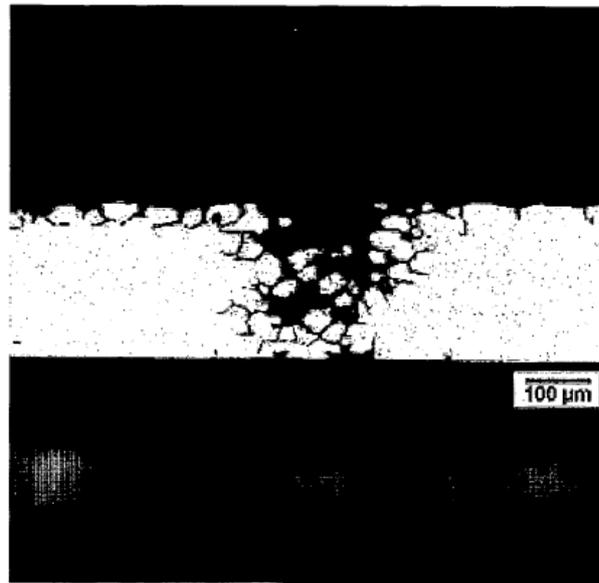


FIG. 2

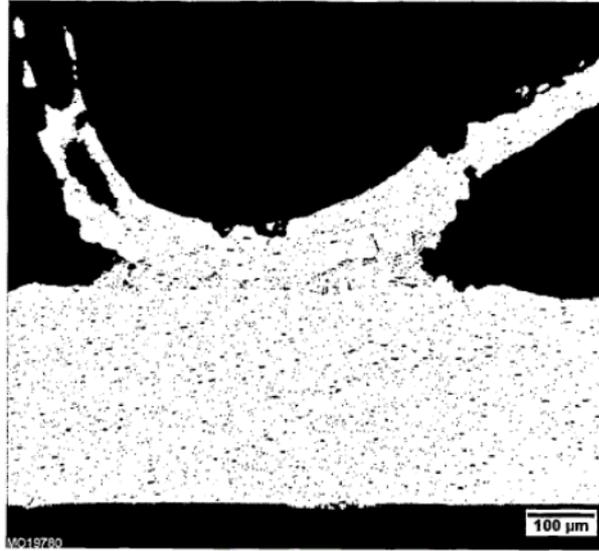


FIG. 3

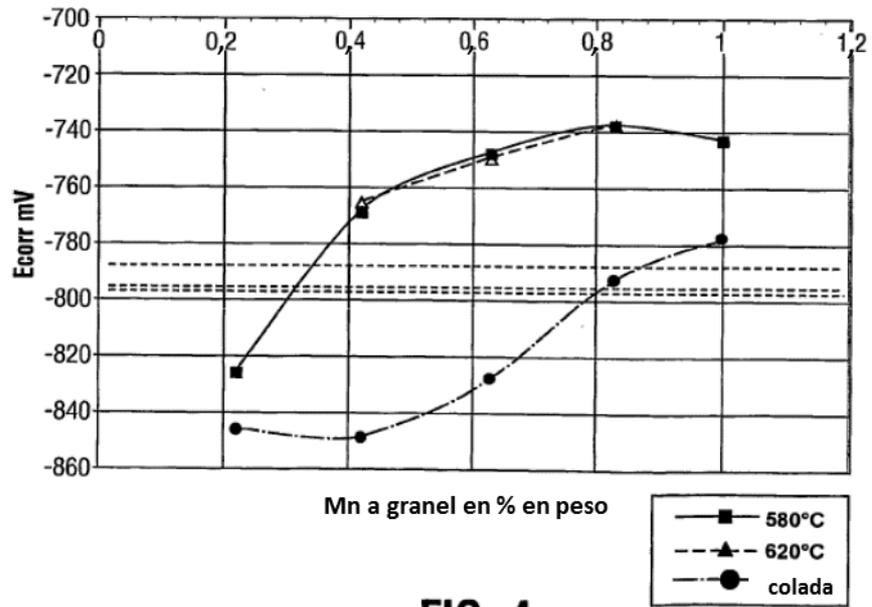


FIG. 4