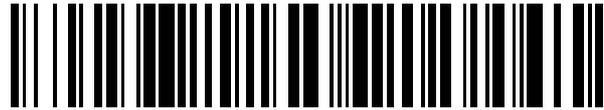


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 622**

51 Int. Cl.:

B21C 23/00 (2006.01)

B21C 23/24 (2006.01)

F28F 21/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2010 E 10714599 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014 EP 2552613**

54 Título: **Tubo de metal compuesto sin soldadura y procedimiento de fabricación del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2014

73 Titular/es:

**HALCOR METAL WORKS S.A. (100.0%)
Mesogeion Avenue 2-4 Athens Tower
11527 Athen, GR**

72 Inventor/es:

**BIRIS, JOHN;
HINOPOULOS, GEORGE y
KAIMENOPOULOS, APOSTOLOS**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 449 622 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 metal compuesto sin soldadura y procedimiento de fabricación del mismo

5 La presente invención se refiere a un tubo de metal compuesto sin costuras y a un procedimiento de fabricación del mismo.

Los tubos de múltiples capas compuestos que comprenden una capa interior fabricada de cobre y una capa exterior
fábrica de aluminio (referidos como tubos compuestos de Cu-Al) son conocidos a partir de la técnica anterior.

10 Por ejemplo el documento JP – A – 61119996 enseña producir un tubo compuesto de Cu-Al mediante laminado en frío (a través de hileras o rodillos de reducción) de un tubo fabricado de aluminio colocado sobre un tubo fabricado de cobre, con ambos tubos habiendo sido fabricados separadamente con anterioridad. Sin embargo, para algunas aplicaciones, por ejemplo la resistencia a la unión entre la capa de aluminio y la capa de cobre del compuesto Cu-Al
15 producido según este procedimiento de fabricación no es suficiente.

Es el objeto de la presente invención proporcionar un tubo compuesto que tenga características mejoradas y proporcionar un procedimiento de fabricación de un tubo de este tipo.

20 El objeto de la invención se consigue con un tubo de metal compuesto sin costuras y un procedimiento de fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras según las reivindicaciones independientes.

Desarrollos ventajosos adicionales de la invención son materias sujeto de las reivindicaciones subordinadas.

25 Según la invención, un tubo de metal compuesto sin costuras comprende una capa interior (tubo interior) que consiste en cobre o una aleación de cobre, una capa exterior (tubo exterior) que consiste en aluminio o una aleación de aluminio y por lo menos tres capas inter metálicas intermedias diferentes cada una consistiendo en cobre y aluminio. La concentración de cobre disminuye desde la capa interior hasta la capa exterior en la dirección radial del tubo (y por consiguiente la concentración de aluminio aumenta desde la capa interior hasta la capa exterior en la
30 dirección radial del tubo). Específicamente, existe una etapa de concentración discreta entre cada capa del tubo de metal compuesto.

Las por lo menos tres capas inter metálicas intermedias actúan como uniones fuertes entre la capa interior y la capa exterior. En particular, la presencia de por lo menos tres capas inter metálicas intermedias conduce a una reducción
35 de las tensiones y de los picos de tensión, respectivamente, entre la capa interior y la capa exterior. Como resultado, el tubo de metal compuesto presenta una resistencia a la unión excelente entre la capa interior y la exterior. Aparte de eso, debido a las capas inter metálicas, el tubo de metal compuesto muestra una resistencia térmica superior, especialmente cuando el tubo está sometido a altas variaciones de la temperatura, como por ejemplo en aplicaciones de calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC). Por consiguiente, la durabilidad y la vida útil del
40 tubo de metal compuesto se mejoran. Adicionalmente, se mejora la capacidad de poder trabajar mecánicamente el tubo de metal compuesto.

Preferiblemente, la capa inter metálica intermedia interior comprende 75 - 85% en peso de cobre y 21 - 15% en peso de aluminio, la capa inter metálica intermedia del medio comprende 69 - 63% en peso de cobre y 31 - 27% en
45 peso de aluminio y la capa inter metálica intermedia exterior comprende 50 - 55% en peso de cobre y 50 - 45% en peso de aluminio. En estas gamas, se consigue una excelente resistencia a la unión entre la capa exterior y la capa interior.

Preferiblemente, la capa inter metálica intermedia interior consiste en cobre y aluminio que están en la fase γ , la
50 capa inter metálica intermedia del medio consiste en cobre y aluminio que están en la fase η y la capa inter metálica intermedia exterior consiste en cobre y aluminio que están en la fase θ . La provisión de capas inter metálicas intermedias con cobre y aluminio estando en cada capa en una fase diferente conduce a una resistencia a la unión incrementada entre la capa de aluminio exterior y la capa de cobre interior del tubo.

55 Preferiblemente, cada una de las capas inter metálicas intermedias tiene un grosor en la dirección radial del tubo desde 0,5 μm hasta 4,0 μm . Preferiblemente, la suma de los grosores de las capas inter metálicas intermedias en la dirección radial del tubo es desde 1,5 μm hasta 12 μm . En esta gama se puede conseguir una resistencia a la unión óptima.

60 Preferiblemente, la capa interior tiene un grosor en la dirección radial del tubo entre 0,1 y 5 mm. Preferiblemente la capa exterior tiene un grosor en la dirección radial del tubo entre 0,1 y 5 mm.

Preferiblemente, el grosor de la capa inter metálica intermedia exterior es por lo menos el doble tanto como el grosor de la capa inter metálicas intermedia interior en la dirección radial del tubo. Debido a que la capa inter metálica intermedia exterior es relativamente grande comparada con la capa inter metálica intermedia interior, la resistencia a la unión se puede incrementar adicionalmente.
65

Preferiblemente, la capa interior comprende el 99,90% en peso o más de cobre y la capa exterior comprende el 99,50% en peso o más de aluminio.

5 De forma ventajosa, la relación de los grosores de la capa interior y la capa exterior en la dirección radial del tubo está entre 0,1 y 0,8.

El procedimiento de fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras según la invención comprende las etapas de:

10 a) activación por calor de la superficie exterior de un tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre, y

15 b) extrusión de una capa tubular de aluminio o una aleación de aluminio directamente sobre la superficie exterior activada por calor del tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre produciendo de ese modo un tubo de metal compuesto sin costuras.

20 La activación por calor de la superficie exterior del tubo sin costuras tiene el efecto de que se promueve la difusión de los átomos de aluminio dentro del cobre. La extrusión de la capa tubular de aluminio o de aleación de aluminio directamente sobre la superficie exterior activada por calor del tubo sin costuras resulta la formación de por lo menos tres capas inter metálicas intermedias entre el tubo interior fabricado de cobre o de una aleación de cobre y la capa tubular de aluminio o una aleación de aluminio. Específicamente, la formación de las por lo menos tres capas inter metálicas intermedias (una después de la otra) empieza inmediatamente después de la extrusión del material que entra en contacto con la superficie exterior activada por calor del tubo de cobre.

25 Como resultado, es posible producir con el procedimiento de la invención un tubo de metal compuesto sin costuras como se ha descrito antes en este documento, en particular un tubo de metal compuesto sin costuras que comprende una capa interior que consiste en cobre o una aleación de cobre, una capa exterior que consiste en aluminio o una aleación de aluminio y por lo menos tres capas inter metálicas intermedias diferentes cada una consistiendo en cobre y aluminio, en el que la concentración del cobre disminuye desde la capa interior hacia la capa exterior en la dirección radial del tubo de metal compuesto.

30 Por consiguiente, el procedimiento de la invención permite producir un tubo de metal compuesto que tiene por lo menos tres capas inter metálicas intermedias diferentes y, por lo tanto, producir un tubo compuesto de Cu-Al que presenta una alta resistencia a la unión entre la capa de cobre exterior y la capa de aluminio interior.

35 Aparte de eso, el procedimiento según la invención proporciona las siguientes ventajas:

40 - El procedimiento es simple, implica pocas etapas y evita operaciones de precisión complicadas tales como envoltura y soldadura, o fusión y fundición, resultando en reducciones significantes en los costos de fabricación.

45 - El procedimiento no requiere una etapa de soldadura de modo que el tubo de metal compuesto producido no muestra defecto material alguno que resulte de la soldadura y, por lo tanto, presenta una adherencia mejorada entre la capa de cobre interior y la capa de aluminio exterior.

- El grosor de la capa interior y la capa exterior se puede establecer independientemente y se puede establecer dentro de una amplia gama de valores.

50 Preferiblemente, el tubo sin costuras está fabricado de cobre, esto es comprende por lo menos el 99,90% en peso de cobre. Alternativamente, el tubo sin costuras puede estar fabricado de una aleación de cobre, tal como por ejemplo CuFe2P. Preferiblemente, el material de aluminio para ser extruido es aluminio, esto es comprende por lo menos el 99,50% en peso de aluminio. Alternativamente, puede ser una aleación de aluminio, tal como por ejemplo una aleación de aluminio de la serie 1000 o la serie 3000 según la designación de la asociación del aluminio.

55 Preferiblemente, la etapa b) se realiza pasando continuamente el tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre a través de una hilera de extrusión y, al mismo tiempo, extruyendo continuamente la capa tubular de aluminio o una aleación de aluminio por medio de la hilera de extrusión sobre el tubo. Esto tiene la ventaja de que es posible producir continuamente un tubo de metal compuesto sin costuras. Esto es, el tubo de metal compuesto se puede producir en longitudes continuas indefinidas para adecuarse a cualquier requisito.

60 Preferiblemente, el tubo fabricado de cobre o de una aleación de cobre es calentado a una temperatura en la gama desde 350° hasta 450 °C. Esto asegura una difusión óptima de los átomos de aluminio dentro del tubo de cobre y, por consiguiente sostiene la formación de por lo menos tres capas inter metálicas intermedias diferentes cada una estando provista de cobre y aluminio en una fase diferente.

65

Preferiblemente, la activación por calor se realiza mediante calentamiento por inducción bajo una atmósfera protectora. De forma ventajosa, esta atmósfera es una atmósfera de nitrógeno. Como resultado de esta configuración, se puede evitar la corrosión del tubo de cobre y el tubo compuesto producido.

5 Preferiblemente, la temperatura de extrusión del aluminio o de la aleación de aluminio (esto es, la temperatura a la cual el material de aluminio extruido entra en contacto con la superficie exterior del tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre) se ajusta entre 400° y 550°C. Puesto que la temperatura de extrusión del aluminio o de la aleación de aluminio se ajusta más alta que la temperatura de activación por calor (350° hasta 450°C) del tubo fabricado de cobre o de una aleación de cobre (esto es, existe un gradiente de temperatura entre el tubo de
10 cobre y el material de aluminio), se promueve una difusión de los átomos de aluminio dentro del material de cobre, promoviendo de ese modo la formación de por lo menos tres capas inter metálicas intermedias cada una estando provista de cobre y aluminio en una fase diferente, como se ha descrito antes en este documento.

15 Preferiblemente, el procedimiento adicionalmente comprende, a continuación de la etapa b), la etapa c) de refrigeración del tubo de metal compuesto mediante convección forzada. Con este propósito, preferiblemente se utiliza un tubo de refrigeración el cual comprende boquillas de pulverización del fluido interiores o pasos de pulverización del fluido para pulverizar agua sobre el tubo de metal compuesto cuando es pasado a través del interior del tubo de refrigeración. Preferiblemente, el tubo de metal compuesto es refrigerado hasta por debajo de 80 °C. La refrigeración detiene la difusión de los átomos de aluminio y los átomos de cobre, respectivamente,
20 conduciendo a una detención de la formación/crecimiento de las por lo menos tres capas inter metálicas intermedias. Determinando apropiadamente la relación del tiempo de refrigeración/velocidad de refrigeración, se puede ajustar el número/grosor deseado de las capas inter metálicas intermedias. Preferiblemente, un tiempo de refrigeración se ajusta en una gama desde 5 hasta 60 segundos. Mediante este ajuste se asegura una formación de por lo menos tres capas inter metálicas intermedias. Sin embargo, el tiempo de refrigeración también se puede ajustar más corto,
25 porque la formación de las capas inter metálicas empieza inmediatamente cuando el material de extrusión entra en contacto con la superficie exterior del tubo de cobre. Preferiblemente, la velocidad de refrigeración está entre 5 hasta 100°C/s.

30 Preferiblemente, el procedimiento adicionalmente comprende, a continuación de la etapa c), la etapa de pasar el tubo de metal compuesto a través de un dispositivo de reducción del diámetro o un dispositivo de reducción del diámetro y del grosor de la pared para reducir su diámetro exterior o su diámetro exterior y el grosor de la pared mediante deformación plástica. Esta fase de deformación plástica permite ajustar específicamente las propiedades del tubo de metal compuesto, por ejemplo, el tubo de metal compuesto puede ser fabricado más flexible o rígido, dependiendo de la intensidad de la deformación plástica. De forma ventajosa, el procedimiento comprende como la
35 etapa final la etapa de recubrimiento de la superficie exterior del tubo de metal compuesto con una protección anticorrosiva.

Con el procedimiento según la invención, el tubo de metal compuesto sin costuras puede ser producido en todos los tamaños normales, por ejemplo, para aplicaciones de transporte de fluidos, tales como aplicaciones de calefacción,
40 ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&R), así como en instalaciones de calefacción y fontanería. Sin embargo también se pueden fabricar tamaños no normales para cubrir requisitos específicos, por ejemplo se pueden producir tubos de metal compuesto sin costuras que tengan un diámetro exterior desde 6 hasta 32 mm y que tengan un grosor de pared desde 0,25 hasta 2 mm. Por ejemplo, un tubo compuesto para una aplicación de intercambiador de calor se puede producir con un diámetro exterior nominal de 10 mm y un grosor de pared de 0,5 mm en el que la
45 capa de cobre interior tiene un grosor de aproximadamente 0,14 mm y la capa de aluminio exterior tiene un grosor de aproximadamente 0,36 mm. Cada una de las tres capas inter metálicas intermedias tiene un grosor desde 0,5 hasta 4 µm.

50 Preferiblemente, el tubo de metal compuesto descrito antes en este documento según la invención se utiliza en un serpentín de intercambiador de calor (preferiblemente un serpentín de intercambiador de calor colocado en el exterior de un edificio), en el que el serpentín del intercambiador de calor comprende aletas fabricadas de aluminio, las cuales están en contacto con el tubo de metal compuesto. Durante la utilización, un medio de intercambio de calor (por ejemplo un refrigerante) fluye en el interior del tubo de metal compuesto. Puesto que el tubo de metal compuesto según la invención comprende una capa exterior de aluminio, las aletas de aluminio están en contacto
55 con esta capa de aluminio exterior únicamente. Por lo tanto, se puede evitar una corrosión de contacto (corrosión galvánica) que conduce a una degradación de las aletas y finalmente a la destrucción del serpentín del intercambiador de calor, lo cual por ejemplo ocurriría si se utilizara un tubo completamente consistiendo en cobre en lugar del tubo de metal compuesto según la invención.

60 Preferiblemente, el tubo de metal compuesto descrito antes en este documento según la invención se utiliza en un absorbente solar plano, en el que el absorbente solar plano comprende el tubo de metal compuesto soldado a una plancha de aluminio. Los rayos solares calientan la plancha de aluminio y el calor es transferido al tubo de metal compuesto a través del contacto por soldadura, calentando de ese modo un fluido, preferiblemente agua, que fluye en el interior del tubo. Puesto que el tubo de metal compuesto según la invención comprende una capa exterior de aluminio, la plancha de aluminio está en contacto con esta capa de aluminio exterior únicamente. Por consiguiente,
65

también en una aplicación de este tipo, se puede evitar una corrosión por contacto que resulta a partir del contacto de materiales diferentes.

5 Preferiblemente, el tubo de metal compuesto descrito antes en este documento según la invención se utiliza como un tubo de conexión para sistemas de aire acondicionado que permite la conexión de un serpentín de intercambiador de calor exterior (como por ejemplo el descrito antes en este documento) con un serpentín de intercambiador de calor en el interior montado dentro de un edificio, en el que durante la utilización un medio de intercambio (refrigerante) fluye en el interior del tubo de conexión. La utilización del tubo de metal compuesto descrito antes en este documento según la invención en una aplicación de este tipo proporciona las siguientes
10 ventajas: por una parte, la capa de cobre interior proporciona una alta resistencia a la corrosión contra los refrigerantes químicos generalmente utilizados en los sistemas de aire acondicionado de este tipo así como una flexibilidad suficiente y una resistencia a la presión (resistencia contra la presión en el interior del tubo). Por otra parte, debido a la capa de aluminio exterior, puesto que el cobre es más caro que el aluminio, los costes de fabricación para el tubo de metal compuesto se pueden reducir comparados con un tubo fabricado completamente
15 de cobre.

La invención se describirá con mayor detalle con respecto a los dibujos.

20 La figura 1 es un dibujo esquemático que muestra la estructura básica de un aparato para la producción de un tubo de metal compuesto sin costuras según la invención.

La figura 1A es una vista esquemática que muestra la estructura básica del tubo de metal compuesto sin costuras producido justo después de una etapa de extrusión.

25 La figura 1B es una vista a mayor escala que muestra esquemáticamente la reducción del diámetro por deformación plástica del tubo de metal compuesto sin costuras producido en una hilera de reducción del diámetro.

La figura 1C muestra una hilera de reducción del diámetro y del grosor de la pared.

30 La figura 2 es una vista en sección transversal del tubo de metal compuesto sin costuras producido, que muestra esquemáticamente su estructura interior.

35 La figura 3 muestra esquemáticamente la estructura básica del tubo de metal compuesto sin costuras en una sección longitudinal.

La figura 4A es una imagen producida mediante un microscopio electrónico de barrido y que muestra la estructura interior de un tubo de metal compuesto sin costuras según un primer ejemplo de la invención.

40 La figura 4B es una imagen que muestra la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas inter metálicas intermedias del tubo de metal compuesto sin costuras según el primer ejemplo de la invención.

La figura 5A es una imagen realizada mediante un microscopio electrónico de barrido y que muestra la estructura interior de un tubo de metal compuesto sin costuras según un segundo ejemplo de la invención.

45 La figura 5B es una imagen que muestra la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas inter metálicas intermedias del tubo de metal compuesto sin costuras según el segundo ejemplo de la invención.

50 La figura 6A es una imagen realizada mediante un microscopio electrónico de barrido y que muestra la estructura interior de un tubo de metal compuesto sin costuras según un tercer ejemplo de la invención.

La figura 6B es una imagen que muestra la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas inter metálicas intermedias del tubo de metal compuesto sin costuras según el tercer ejemplo de la invención.

55 La figura 7 muestra un ejemplo de utilización de un tubo de metal compuesto sin costuras de la invención en un serpentín de un intercambiador de calor.

La figura 8 muestra un ejemplo de utilización del tubo de metal compuesto sin costuras de la invención en un absorbente solar plano.

60 La figura 9 muestra un ejemplo de utilización del tubo de metal compuesto sin costuras de la invención como un tubo de conexión para sistemas de acondicionamiento de aire.

65 Primero, el aparato para la producción de un tubo de metal compuesto sin costuras según la invención y para llevar a cabo el procedimiento de fabricación según la invención se explica con referencia a la figura 1.

Básicamente, el aparato comprende un dispositivo de activación de la superficie 10, una hilera de extrusión del aluminio 20, un dispositivo de refrigeración 30 y un dispositivo de reducción 40, 50 instalados en este orden. El dispositivo de activación de la superficie 10 es un dispositivo en forma de tubo a través del interior del cual se puede pasar un tubo para activar por calor el mismo. Específicamente, el dispositivo de activación de la superficie 10 es capaz de calentar una superficie exterior de un tubo que pasa a través de su interior mediante el calentamiento por inducción bajo una atmósfera protectora (preferiblemente una atmósfera de nitrógeno). La temperatura dentro del dispositivo de activación de la superficie 10 se puede ajustar en una gama desde 350° hasta 450 °C.

La hilera de extrusión 20 es una hilera de compresión, como se revela por ejemplo en el documento WO 2008 128571. Un material de aluminio es alimentado a través de canales individuales 21 al cabezal de la hilera y puede ser extruido como una capa tubular de aluminio directamente sobre una superficie exterior de un tubo que está siendo pasado a través del interior del cabezal de la hilera, como se representa en la figura 1. La temperatura de extrusión del material de aluminio en el cabezal de la hilera se puede ajustar a una temperatura en la gama entre 400 hasta 550 °C.

El dispositivo de refrigeración 30 es un tubo de refrigeración que comprende boquillas de pulverización de agua interiores o pasos de pulverización de agua por medio de los cuales el agua se puede pulverizar sobre la superficie exterior de un tubo, cuando este tubo es pasado a través del dispositivo de refrigeración 30. El dispositivo de refrigeración 30 puede tener cualquier otra configuración, tal como un baño de agua. El dispositivo de refrigeración 30 es capaz de enfriar un tubo por debajo de 80 °C dentro de un cierto tiempo de refrigeración y una cierta velocidad de refrigeración, respectivamente.

El dispositivo de reducción 40, 50 es una hilera de reducción del diámetro o una hilera de reducción del diámetro y del grueso de la pared, por medio de la cual el diámetro exterior o el diámetro exterior y el grosor de la pared de un tubo se pueden reducir mediante deformación plástica. Las figuras 1 y 1B muestran una matriz de reducción del diámetro 40 y la figura 1C muestra una hilera de reducción del diámetro y del grosor de la pared 50.

En lo que sigue a continuación, las etapas básicas de procedimiento de fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras según la invención se describen con respecto al aparato de la figura 1.

Un tubo de cobre sin costuras el cual ha sido producido con anterioridad es pasado a través del dispositivo de activación de la superficie 10. Mientras pasa a través del dispositivo de activación de la superficie 10, la superficie exterior del tubo de cobre es activada por calor. En particular, la superficie exterior es calentada a una temperatura en la gama desde 350 hasta 450 °C. La energía que es transferida al tubo de cobre conduce a cambios metalúrgicos en el tamaño del grano (dilatación de los granos) lo cual mejora la difusión entre el cobre y el aluminio en las etapas siguientes. Después de la activación por calor de la superficie exterior del tubo de cobre, el tubo de cobre es alimentado a través del interior de la hilera de extrusión del aluminio 20. Mientras el tubo de cobre está siendo pasado a través de la hilera de extrusión, una capa de aluminio es extruida a partir del cabezal de la hilera de la hilera de extrusión del aluminio rodeando el tubo de cobre directamente sobre la superficie exterior del tubo de cobre. Mediante esta extrusión directa de una capa de aluminio alrededor de la circunferencia entera del tubo de cobre, se produce un tubo de metal compuesto. En este caso, cuando la superficie caliente del tubo de cobre previamente activado entre en contacto con la capa de aluminio caliente en la salida del cabezal de extrusión, las capas inter metálicas intermedias se forman entre la capa de cobre interior y la capa de aluminio exterior.

La figura 1A muestra la estructura básica del tubo de metal compuesto producido justo después de que la capa de aluminio haya sido extruida sobre el tubo de cobre. Como se puede ver a partir de la figura 1A, el tubo de metal compuesto producido comprende una capa de cobre interior 1, tres capas inter metálicas intermedias diferentes 2, 3, 4 y una capa de aluminio exterior 5. Las capas inter metálicas 2, 3, 4 son zonas separadas y aseguran una alta resistencia de unión entre la capa de cobre interior 1 y la capa de aluminio exterior 5. En particular, cada una de las capas inter metálicas intermedias 2, 3, 4 tiene una composición de fase diferente, de modo que existe una etapa de concentración discreta de aluminio y cobre entre cada capa.

Entonces, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través del dispositivo de refrigeración 30, el cual enfría el tubo de metal compuesto producido, preferiblemente dentro de un tiempo de refrigeración entre 5 hasta 60 segundos, por debajo de 80 °C para un procesamiento adicional. Finalmente, el diámetro exterior o el diámetro exterior y el grosor de la pared del tubo de metal compuesto producido se reducen en el dispositivo de reducción 40, 50 hasta el diámetro deseado, como se ilustra en la figura 1B, o hasta el diámetro deseado y el grosor de pared deseado, como se ilustra en la figura 1C.

El resultado es un tubo de metal compuesto sin costuras que tiene una estructura como se representa en las figuras 2 y 3, esto es un tubo que tiene una capa interior de cobre 1, tres capas inter metálicas intermedias diferentes 2, 3, 4 y una capa exterior de aluminio 5.

Ejemplos

A continuación, se describen ejemplos específicos para la producción de un tubo de metal compuesto sin costuras según la invención por medio del aparato anterior para producir un tubo de metal compuesto sin costuras.

Ejemplo 1

5 El ejemplo 1 se refiere a la fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras típicamente utilizado para las aplicaciones de calefacción, ventilación, aire acondicionado (HVAC&R), especialmente para utilizarlo en un serpentín de intercambiador de calor.

10 Primero, se proporciona un tubo de cobre sin costuras (un tubo de cobre fabricado por extrusión) que tiene un diámetro exterior de 20,70 mm y un grosor de pared de 0,40 mm. Este tubo de cobre es pasado entonces a través del dispositivo de activación de la superficie 10 bajo una atmósfera de nitrógeno protectora contra la corrosión. El tubo de cobre sale del dispositivo de activación de la superficie 10 provisto de una temperatura de la superficie de 380 °C.

15 Entonces, el material de aluminio es alimentado continuamente al cabezal de la hilera de la hilera de extrusión 20 a través de los canales individuales 21 y es extruido a una temperatura de 440 °C directamente sobre la superficie exterior del tubo de cobre el cual es simultáneamente pasado a través del interior de la hilera de extrusión 20, produciendo de ese modo un tubo de metal compuesto sin costuras. La capa tubular de aluminio formada como resultado de esta extrusión en la superficie exterior del tubo de cobre tiene un diámetro exterior de 21,60 mm y un grosor de pared de 0,45 mm. El tubo de metal compuesto sin costuras producido por el proceso de extrusión, por lo tanto, tiene un diámetro exterior de 21,60 mm y un grosor de pared de 0,85 mm.

20 A continuación, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través del dispositivo de refrigeración 30, en donde es enfriado desde 440 °C hasta 80 °C por medio de pulverización de agua y baño de agua dentro de un tiempo de refrigeración de 10 segundos, esto es a una velocidad de refrigeración de 36 °C/s.

25 Finalmente, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través de una serie de hileras de reducción 50 como se representa en la figura 1C, mediante las cuales el diámetro exterior del tubo de metal compuesto se reduce por deformación plástica hasta 7,0 mm y el grosor de pared se reduce hasta 0,50 mm.

30 El tubo de metal compuesto resultante tiene la estructura interior representada en la figura 4A. En particular, el tubo compuesto comprende las siguientes capas (según la designación europea EN AW 1070):

- 35 - una capa interior (tubo interior) 1 provista de un grosor de aproximadamente 240 µm y que comprende un 99,90% en peso de cobre,
- una capa inter metálica intermedia interior 2 que tiene un grosor de 0,9 µm y que comprende un 83% en peso de cobre y un 17% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en la fase γ),
- 40 - una capa inter metálica intermedia del medio 3 que tiene un grosor de 0,5 µm y que comprende un 72% en peso de cobre y un 28% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio estando en la fase η),
- una capa inter metálica intermedia exterior 4 que tiene un grosor de 1,9 µm y que comprende un 53% en peso de cobre y un 47% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en fase θ), y
- 45 - una capa exterior (tubo exterior) 5 que tiene un grosor de aproximadamente 260 µm y que comprende un 99,70% en peso de aluminio.

50 La figura 4B muestran la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas intermedias anteriormente mencionadas.

Ejemplo 2

55 El ejemplo 2 se refiere a la fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras típicamente utilizado para las aplicaciones de paneles solares, especialmente para utilizarlo en un absorbente solar plano.

60 Primero, se proporciona un tubo de cobre sin costuras (un tubo de cobre fabricado por extrusión) que tiene un diámetro exterior de 20,70 mm y un grosor de pared de 0,40 mm. Este tubo de cobre es pasado entonces a través del dispositivo de activación de la superficie 10 bajo una atmósfera de nitrógeno protectora contra la corrosión. El tubo de cobre sale del dispositivo de activación de la superficie 10 provisto de una temperatura de la superficie de 420 °C.

65 Entonces, el material de aluminio es alimentado continuamente al cabezal de la hilera de la hilera de extrusión 20 a través de los canales individuales 21 y es extruido a una temperatura de 500 °C directamente sobre la superficie exterior del tubo de cobre el cual es simultáneamente pasado a través del interior de la hilera de extrusión 20,

produciendo de ese modo un tubo de metal compuesto sin costuras. La capa tubular de aluminio formada como resultado de esta extrusión en la superficie exterior del tubo de cobre tiene un diámetro exterior de 22,60 mm y un grosor de pared de 0,95 mm. El tubo de metal compuesto sin costuras producido por el proceso de extrusión, por lo tanto, tiene un diámetro exterior de 22,60 mm y un grosor de pared de 1,35 mm.

A continuación, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través del dispositivo de refrigeración 30, en donde es enfriado desde 500 °C hasta 80 °C por medio de pulverización de agua y baño de agua dentro de un tiempo de refrigeración de 30 segundos, esto es a una velocidad de refrigeración de 14 °C/s. Finalmente, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través de una serie de hileras de reducción 50 como se representa en la figura 1C, mediante las cuales el diámetro exterior del tubo de metal compuesto se reduce por deformación plástica hasta 10,0 mm y el grosor de pared se reduce hasta 0,50 mm.

El tubo de metal compuesto resultante tiene la estructura interior representada en la figura 5A. En particular, el tubo compuesto comprende las siguientes capas (según la designación europea EN AW 1070):

- una capa interior (tubo interior) 1 provista de un grosor de aproximadamente 150 µm y que comprende un 99,90% en peso de cobre,
- una capa inter metálica intermedia interior 2 que tiene un grosor de 2,0 µm y que comprende un 82% en peso de cobre y un 18% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en la fase γ),
- una capa inter metálica intermedia del medio 3 que tiene un grosor de 1,4 µm y que comprende un 71% en peso de cobre y un 29% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio estando en la fase η),
- una capa inter metálica intermedia exterior 4 que tiene un grosor de 4,1 µm y que comprende un 53% en peso de cobre y un 47% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en fase θ), y
- una capa exterior (tubo exterior) 5 que tiene un grosor de aproximadamente 350 µm y que comprende un 99,50% en peso de aluminio.

La figura 5B muestran la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas intermedias anteriormente mencionadas.

Ejemplo 3

El ejemplo 3 se refiere a la fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras típicamente utilizado como un tubo de conexión para sistemas de aire acondicionado.

Primero, se proporciona un tubo de cobre sin costuras (un tubo de cobre fabricado por extrusión) que tiene un diámetro exterior de 20,70 mm y un grosor de pared de 0,40 mm. Este tubo de cobre es pasado entonces a través del dispositivo de activación de la superficie 10 bajo una atmósfera de nitrógeno protectora contra la corrosión. El tubo de cobre sale del dispositivo de activación de la superficie 10 provisto de una temperatura de la superficie de 370 °C.

Entonces, el material de aluminio es alimentado continuamente al cabezal de la hilera de la hilera de extrusión 20 a través de los canales individuales 21 y es extruido a una temperatura de 460 °C directamente sobre la superficie exterior del tubo de cobre el cual es simultáneamente pasado a través del interior de la hilera de extrusión 20, produciendo de ese modo un tubo de metal compuesto sin costuras. La capa tubular de aluminio formada como resultado de esta extrusión en la superficie exterior del tubo de cobre tiene un diámetro exterior de 22,50 mm y un grosor de pared de 0,88 mm. El tubo de metal compuesto sin costuras producido por el proceso de extrusión, por lo tanto, tiene un diámetro exterior de 22,50 mm y un grosor de pared de 1,28 mm.

A continuación, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través del dispositivo de refrigeración 30, en donde es enfriado desde 460 °C hasta 80 °C por medio de pulverización de agua y baño de agua dentro de un tiempo de refrigeración de 10 segundos, esto es a una velocidad de refrigeración de 38 °C/s. El intervalo de tiempo entre la etapa de extrusión y la etapa de refrigeración es en este ejemplo aproximadamente 10 segundos.

Finalmente, el tubo de metal compuesto producido es pasado a través de una serie de hileras de reducción 50 como se representa en la figura 1C, mediante las cuales el diámetro exterior del tubo de metal compuesto se reduce por deformación plástica hasta 9,525 mm y el grosor de pared se reduce hasta 0,80 mm.

El tubo de metal compuesto resultante tiene la estructura interior representada en la figura 6A. En particular, el tubo compuesto comprende las siguientes capas (según la designación europea EN AW 1070):

- una capa interior (tubo interior) 1 provista de un grosor de aproximadamente 250 µm y que comprende un 99,90% en peso de cobre,

- una capa inter metálica intermedia interior 2 que tiene un grosor de 1,1 μm y que comprende un 79% en peso de cobre y un 21% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en la fase γ),

5 - una capa inter metálica intermedia del medio 3 que tiene un grosor de 0,6 μm y que comprende un 72% en peso de cobre y un 28% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio estando en la fase η),

- una capa inter metálica intermedia exterior 4 que tiene un grosor de 2,3 μm y que comprende un 53% en peso de cobre y un 47% en peso de aluminio (el cobre y el aluminio están en fase θ), y

10 - una capa exterior (tubo exterior) 5 que tiene un grosor de aproximadamente 550 μm y que comprende un 99,50% en peso de aluminio.

15 La figura 6B muestran la distribución del cobre y del aluminio a través de las capas intermedias anteriormente mencionadas.

EJEMPLOS DE UTILIZACIÓN PREFERIBLE

20 El tubo de metal compuesto sin costuras según la invención satisface los requisitos técnicos de las aplicaciones relacionadas con el transporte de fluidos y proporciona un beneficio sustancial en los costes debido al relativamente bajo coste del aluminio comparado con el cobre.

El tubo de metal compuesto sin costuras según la invención también elimina el fenómeno de la corrosión galvánica en aplicaciones en las que el cobre y el aluminio están conectados en presencia de un electrólito.

25 Ejemplos típicos de utilización en donde el tubo de metal compuesto sin costuras según la invención muestra un beneficio incrementado incluyen los siguientes:

1. Utilización en un serpentín de intercambiador de calor para aplicaciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC)

30 Tradicionalmente un serpentín para intercambiador de calor para aplicaciones de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) está compuesto de un tubo de cobre y aletas de aluminio. Un serpentín condensador normal colocado en el exterior de las instalaciones está fabricado a partir de filas de tubos de cobre que corre a través de las aletas de aluminio, como se representa en la figura 7. Los tubos de cobre son agrandados mecánicamente en el interior de las aletas a fin de que hagan contacto. Está conexión/contacto conduce a un par entre metales diferentes. Puesto que el cobre y el aluminio son metales muy diferentes con un alto potencial de corrosión, la presencia de un electrólito en el par del tubo de cobre y las aletas de aluminio es suficiente para iniciar una reacción de corrosión. Los electrolitos comunes pueden incluir la humedad del agua de lluvia, las gotas de agua de lluvia, la pulverización del mar o bien otras soluciones que contengan compuestos de cloruro sodio o de calcio, o incluso compuestos de azufre y nitrógeno.

45 La corrosión galvánica en los serpentines de aletas y tubos causa la degradación de las aletas de aluminio (siendo el aluminio el ánodo), lo cual conduce a un rendimiento térmico reducido del serpentín debido a la pérdida de contacto entre la aleta y el tubo. En casos más graves, la corrosión galvánica puede conducir a fugas y por último a la destrucción del serpentín entero.

50 Utilizando el tubo de metal compuesto sin costuras según la invención en lugar del tubo de cobre elimina el par bimetálico en la construcción del serpentín. Esto se consigue mediante la capa exterior del tubo metálico compuesto fabricado de aluminio. La capa de aluminio está directamente conectada mecánicamente a las aletas de aluminio y crea una barrera entre la capa de cobre interior y el electrólito para evitar la corrosión galvánica.

2. Utilización en un absorbente solar plano

55 En general, un absorbente solar plano está colocado en el interior de un panel colector solar acristalado. Tradicionalmente, un absorbente solar plano está fabricado de tubos de cobre y una lámina de aluminio. Específicamente, los tubos de cobre están soldados en una lámina de aluminio especialmente recubierta, como se representa en la figura 8. Los rayos solares calientan la lámina de aluminio y el calor es transferido al tubo de cobre a través del contacto soldado el cual a su vez calienta el agua que fluye en el interior del tubo. Las temperaturas de funcionamiento pueden ser tan altas como de 200 °C.

60 Este diseño es propenso a los problemas de la corrosión galvánica debido a la soldadura de materiales diferentes. Si el colector solar no está apropiadamente aislado del entorno exterior, entonces el agua de la lluvia puede entrar en el interior y actuar como un electrólito. Debido a las altas temperaturas implicadas la corrosión galvánica se puede acelerar.

5 Utilizando los tubos de metal compuesto sin costuras según la invención en lugar de los tubos de cobre permite la unión de materiales similares, esto es la lámina de aluminio soldada a la capa de aluminio exterior del tubo de metal compuesto. El beneficio es doble. La posibilidad de la corrosión galvánica se evita enteramente mientras la soldadura se facilita debido a la compatibilidad del material en lámina y la capa del tubo exterior. Puesto que al mismo tiempo la capa de cobre interior asegura que el agua que fluye no corroe el sistema y garantiza una vida útil larga del colector.

3. Utilización como un tubo de conexión para sistemas de aire acondicionado del tipo de divisor

10 El tubo de material compuesto según la invención puede ser utilizado como un tubo de conexión para sistemas de aire acondicionado del tipo de divisor.

15 Un tubo de conexión (representado en la figura 9) para sistemas de aire acondicionado permite la conexión del serpentín del intercambiador de calor exterior con el serpentín del intercambiador de calor colocado en el interior de las instalaciones. Debe ser lo suficientemente flexible como para permitir una fácil instalación mientras ser suficientemente resistente como para soportar la presión interior del sistema. Además, el material debe ser químicamente compatible con los refrigerantes que fluyen en el interior del tubo. Normalmente, el tubo está aislado con espuma a fin de hacer mínimas las pérdidas térmicas del sistema. Tradicionalmente, el tubo está fabricado de cobre porque cubre todos los criterios de diseño, así como, debido a su alta resistencia a la corrosión a partir de los refrigerantes químicos utilizados en la industria del aire acondicionado.

20 El tubo de metal compuesto según la invención cumple todos los criterios de diseño y es completamente compatible con el fluido refrigerante. La utilización del tubo de metal compuesto según la invención ofrece un beneficio económico debido al coste relativamente inferior del aluminio comparado con el cobre.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tubo de metal compuesto sin costuras que comprende una capa interior (1) que consiste en cobre o una aleación de cobre, una capa exterior (5) que consiste en aluminio o una aleación de aluminio y por lo menos tres capas inter metálicas intermedias diferentes (2, 3, 4) cada una consistiendo en cobre y aluminio, en el que la concentración de cobre disminuye desde la capa interior (1) hacia la capa exterior (5) en la dirección radial del tubo.
- 10 2. Tubo de metal compuesto sin hilos según la reivindicación 1 en el que la capa inter metálica intermedia interior (2) comprende 79 - 85% en peso de cobre y 21 - 15% en peso de aluminio, la capa inter metálica intermedia del medio (3) comprende 69 - 73% en peso de cobre y 31 - 27% de aluminio y la capa inter metálica intermedia exterior (4) comprende 50 - 55% de cobre y 50 - 45% de aluminio.
- 15 3. Tubo de metal compuesto sin hilos según la reivindicación 1 o 2 en el que la capa inter metálica intermedia interior (2) consiste en cobre y aluminio que están en la fase γ , la capa inter metálica intermedia del medio (3) consiste en cobre y aluminio que están en la fase η y la capa inter metálica intermedia exterior (4) consiste en cobre y aluminio que están en la fase θ .
- 20 4. Tubo de metal compuesto sin hilos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que cada una de las capas inter metálicas intermedias (2, 3, 4) tiene un grosor en la dirección radial del tubo entre 0,5 μm y 4,0 μm y/o la suma del grosor de las capas inter metálicas intermedias (2, 3, 4) en la dirección radial del tubo está entre 1,5 μm y 12 μm .
- 25 5. Tubo de metal compuesto sin hilos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que el grosor de la capa inter metálica intermedia exterior (4) es por lo menos dos veces el grosor de la capa inter metálica intermedia interior (2) en la dirección radial del tubo.
- 30 6. Tubo de metal compuesto sin hilos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en el que la relación de los grosores de la capa interior (1) y la capa exterior (5) en la dirección radial del tubo está entre 0,1 y 0,8.
- 35 7. Procedimiento de fabricación de un tubo de metal compuesto sin costuras que comprende las etapas de:
- a) activación por calor de la superficie exterior de un tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre, y
- b) extrusión de una capa tubular de aluminio o una aleación de aluminio directamente sobre la superficie exterior activada por calor del tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre produciendo de ese modo un tubo de metal compuesto sin costuras.
- 40 8. Procedimiento según la reivindicación 7 en el que el tubo de metal compuesto sin costuras producido es un tubo de metal compuesto sin costuras según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6.
- 45 9. Procedimiento según la reivindicación 7 u 8 en el que la etapa b) se realiza pasando continuamente el tubo sin costuras fabricado de cobre o de una aleación de cobre a través de una hilera de extrusión (20) y extruyendo continuamente la capa tubular de aluminio o de una aleación de aluminio por medio de una hilera de extrusión (20).
- 50 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9 en el que la temperatura de la superficie exterior activada por calor está entre 350 y 450 °C.
- 55 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10 en el que la activación por calor se realiza mediante calentamiento por inducción bajo una atmósfera protectora preferiblemente bajo una atmósfera de nitrógeno.
- 60 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 en el que la temperatura de extrusión del aluminio o de la aleación de aluminio está entre 400° y 550 °C.
- 65 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12 adicionalmente comprendiendo, a continuación de la etapa b), la etapa c) de la refrigeración del tubo de metal compuesto mediante convección forzada, preferiblemente por medio de un tubo de refrigeración (30) que comprende boquillas de pulverización de fluido interiores y/o pasos de pulverización de fluido para pulverizar agua sobre el tubo de metal compuesto cuando está siendo pasado a través del interior del tubo de refrigeración, en donde preferiblemente el tubo de metal compuesto es refrigerado hasta por debajo de 80 °C.
14. Procedimiento según la reivindicación 13 en el que el tiempo de refrigeración se ajusta en una gama desde 5 hasta 60 segundos y/o la velocidad de refrigeración está entre 5 y 100 °C/s.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 13 o 14 adicionalmente comprendiendo, a continuación de la tapa c), la etapa de pasar el tubo de metal compuesto a través de un dispositivo de reducción del diámetro (40) o un dispositivo de reducción del diámetro y del grosor de la pared (50) para reducir su diámetro exterior o su diámetro exterior y el grosor de la pared por deformación plástica.

5

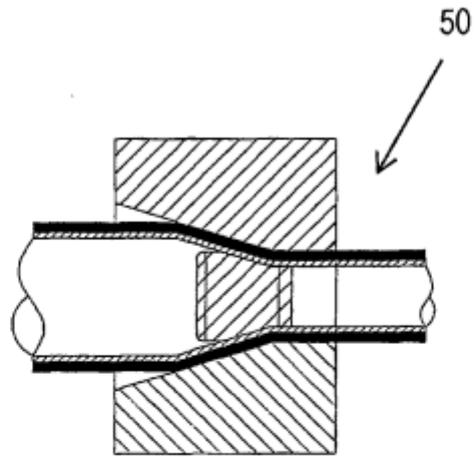


FIG. 1C

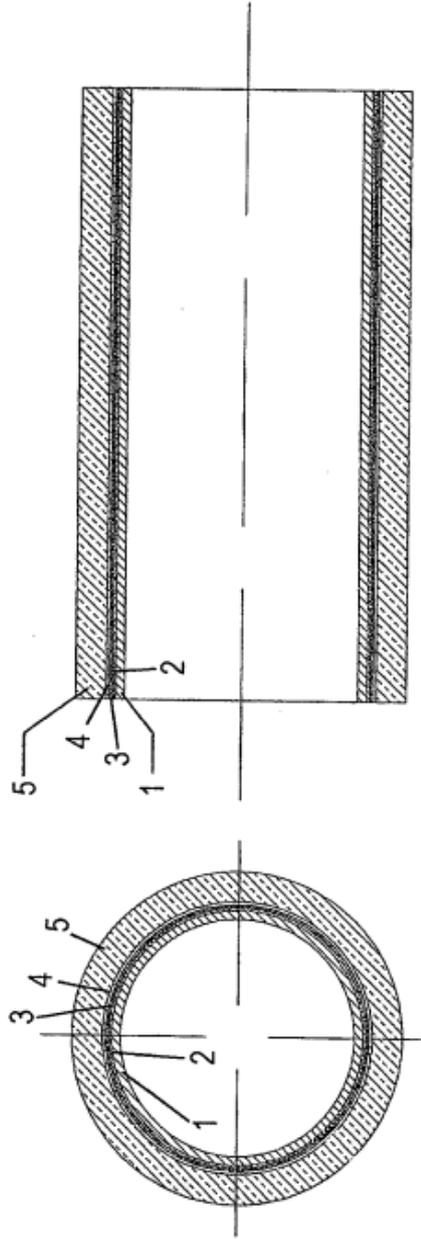


FIG. 2

FIG. 3

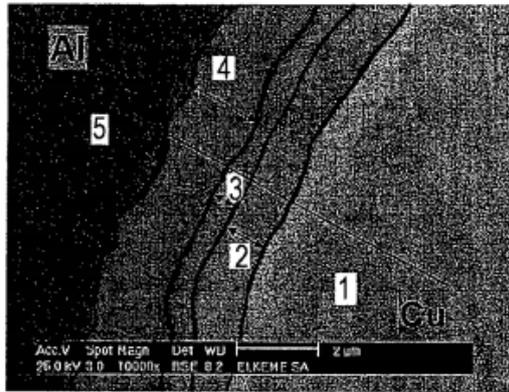


FIG. 4A

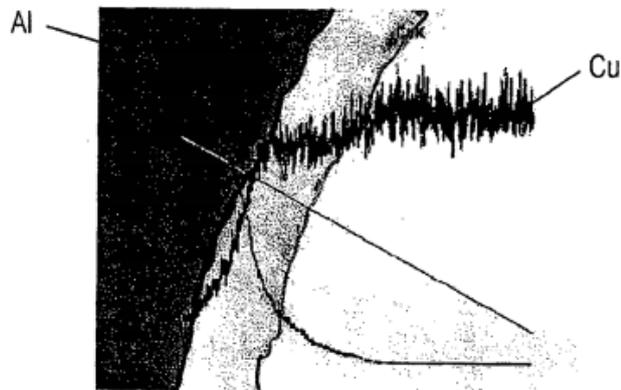


FIG. 4B

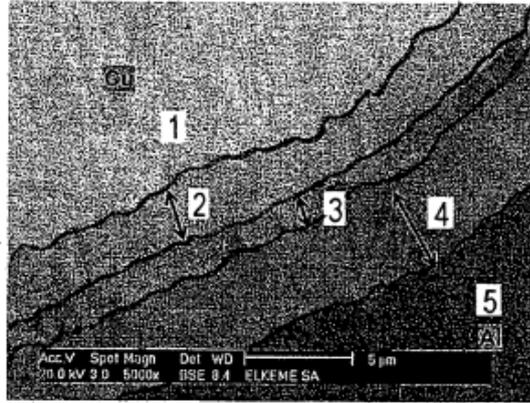


FIG. 5A

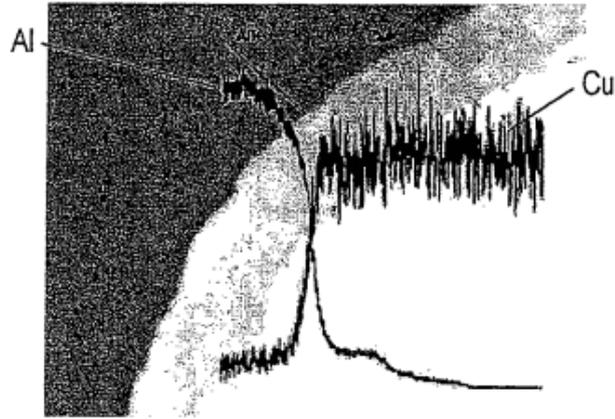


FIG. 5B

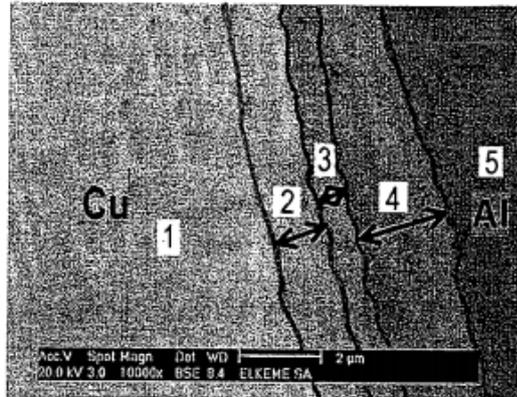


FIG. 6A

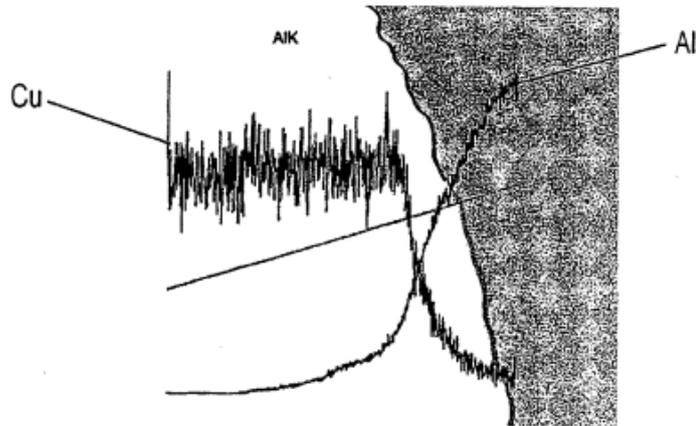


FIG. 6B

FIG. 7

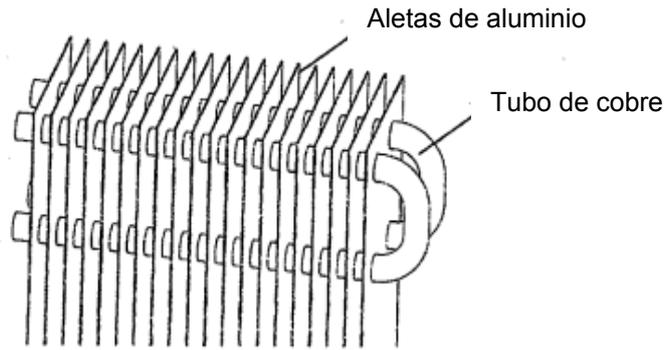


FIG. 8

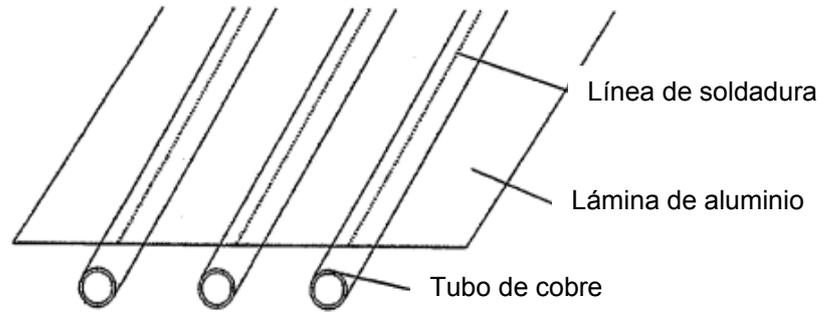


FIG. 9

