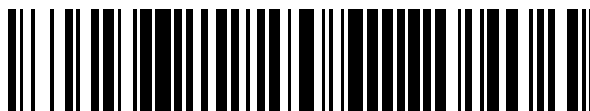


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 877**

51 Int. Cl.:

C22C 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2010 PCT/US2010/057944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2011 WO11066345**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2010 E 10833894 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2019 EP 2504460**

54 Título: **Aleaciones de cobre y tubos de intercambiadores de calor**

30 Prioridad:

25.11.2009 US 264529 P

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

06.08.2019

73 Titular/es:

**VIRTUS PRECISION TUBE, LLC (100.0%)
4720 Bowling Green Road
Franklin, KY 42134, US**

72 Inventor/es:

**FINNEY, M. PARKER;
IGNBERG, LARZ;
KAMF, ANDERS;
GOEBEL, TIM;
GONG, ERIC y
ROTTMAN, ED**

74 Agente/Representante:

ESPIELL VOLART, Eduardo María

ES 2 721 877 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

Aleaciones de cobre y tubos de intercambiadores de calor

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a las aleaciones de cobre y al uso de las aleaciones de cobre en tubos para intercambiadores de calor. Específicamente, la invención se refiere a tubos de aleación de cobre de elevada resistencia que tienen propiedades deseables de resistencia a la fractura por presión y de elaboración. Las aleaciones son adecuadas para reducir el espesor y, por tanto, conservan material para intercambiadores de calor de acondicionamiento de aire y refrigeración (AAR) existentes y son adecuadas para su uso en un intercambiador de calor que usa un medio de refrigeración tal como el CO₂.

10 **Antecedentes de la invención**

Los intercambiadores de calor para acondicionadores de aire pueden ser construidos con un tubo de cobre en forma de U doblado como una horquilla y aletas fabricadas de aluminio o una placa de aleación de aluminio.

En consecuencia, un tubo de cobre utilizado para el intercambiador de calor del tipo anterior requiere las propiedades adecuadas de conductividad, conformabilidad y soldadura fuerte adecuadas.

Los fluorocarbonos a base de HCFC (hidroclorofluorocarbono) se han utilizado ampliamente para refrigerar medios utilizados para intercambiadores de calor tales como los acondicionadores de aire. Sin embargo, el HCFC tiene un gran potencial de empobrecimiento de la capa de ozono, de manera que se han seleccionado otros medios de refrigeración por razones medioambientales. Se han utilizado "refrigerantes verdes", por ejemplo, el CO₂, el cual es un medio de refrigeración natural, para intercambiadores de calor.

25 La presión de condensación durante el funcionamiento debe aumentarse para usar CO₂ como un medio de refrigeración para mantener el mismo rendimiento de transferencia de calor que los fluorocarbonos a base de HCFC. Por lo general, en un intercambiador de calor, las presiones a las cuales se usan estos medios de refrigeración (la presión de un fluido que fluye en el tubo de intercambiador de calor) se maximizan en un condensador (refrigerador de gas en CO₂). En este condensador o refrigerador de gas, por ejemplo, el R22 (un fluorocarbono a base de HCFC) posee una presión de condensación de aproximadamente 1,8 MPa. Por otro lado, el medio de refrigeración CO₂ tiene que tener una presión de condensación de aproximadamente 7 a 10 MPa (estado supercrítico). Por tanto, las presiones de funcionamiento de los nuevos medios de refrigeración aumentan en comparación con la presión de funcionamiento del medio de refrigeración convencional R22.

Debido al aumento de la presión y a cierta pérdida de resistencia debida a la soldadura fuerte en algunos procesos de formación de tubos, los materiales de cobre convencionales deben hacerse más gruesos, aumentando de este modo el peso del tubo y, por tanto, los costes de material asociados al tubo.

40 Lo que se necesita es un tubo de intercambiador de calor que tenga una alta resistencia a la tracción, una excelente elaboración y una buena conductividad térmica que sea adecuado para reducir el espesor de la pared y, por tanto, los costes de material para los intercambiadores de calor de AAR y que sea adecuado para soportar aplicaciones de alta presión con nuevos medios de refrigeración "verdes" tales como el CO₂.

45 La patente JP2006274313 desvela un tubo de aleación de cobre para su uso en un intercambiador de calor.

Breve resumen de la invención

La presente invención proporciona un tubo de AAR para su uso en intercambiadores de calor, en el que el tubo comprende una aleación de cobre comprendiendo el 0,02-0,2 % en peso de Fe, el 0,07-1,0 % en peso de Sn y el 0,01-0,015 % de P siendo el resto Cu e impurezas.

50 El tubo reivindicado tiene una alta resistencia a la tracción, una excelente elaborabilidad y una buena conductividad térmica.

Breve descripción de los dibujos

55 Figura 1. Representación gráfica de valor de metal relativo por pie (30,48 cm) frente al precio del cobre para una aleación utilizada actualmente, C122, en el espesor de pared convencional en comparación con una aleación de la presente invención con un espesor de pared reducido.

Figura 2. Representación gráfica de la conductividad eléctrica y la resistencia a la tracción de ejemplos de aleaciones de cobre-hierro-estaño en función del contenido de Sn para CuFe0,1.

60 Figura 3. Representación gráfica de la conductividad eléctrica y la resistencia a la tracción de ejemplos de aleaciones de cobre-cinc-estaño en función de los contenidos de Zn y Sn (x 1,4).

Figuras 4(a) - (c). Representación gráfica de diversas vistas de un tubo de acuerdo con una

realización de la presente invención. La figura (a) es una vista en perspectiva; la figura (b) es una sección transversal del tubo de (a) visto a lo largo de un eje longitudinal; y la Figura (c) es una sección transversal del tubo de (a) y (b) visto a lo largo de un eje normal al eje longitudinal.

Descripción detallada de la invención

- 5 La presente invención proporciona una aleación de alta resistencia la cual puede, por ejemplo, reducir el espesor de la pared y, por tanto, reducir el coste asociado a la tubería de AAR existente y/o proporcionar una tubería de AAR capaz de soportar las presiones aumentadas asociadas a los medios de refrigeración tales como el CO₂. Por "elevada resistencia" se entiende que la aleación y/o el tubo fabricado a partir de la aleación tienen al menos los niveles de resistencia a la tracción y/o presión de rotura y/o fallo por fatiga por ciclos expuestos en el presente documento. La aleación de cobre puede proporcionar ahorros en material, costes, impacto ambiental y consumo de energía.
- 10 Con el fin de proporcionar una aleación de cobre para un tubo de intercambiador de calor, que puede ser usado, por ejemplo, con medios de refrigeración tales como el CO₂, la aleación seleccionada debe tener las propiedades apropiadas del material y funcionar bien con respecto a la elaboración. Las propiedades importantes del material incluyen propiedades tales como, por ejemplo, resistencia/presión de rotura, ductilidad, conductividad y fatiga por ciclos. Las características de la aleación y/o el tubo que se describen en el presente documento son deseables para que puedan soportar los entornos operativos de AAR.
- 15 La elevada resistencia a la tracción y la elevada presión de rotura son propiedades del tubo deseables porque definen qué presión de funcionamiento puede soportar un tubo antes de romperse. Por ejemplo, cuanto más alta es la presión de rotura, más robusto es el diseño del tubo o, para una presión de rotura dada, la aleación actual permite un tubo de pared más delgada. Existe una correlación entre la resistencia a la tracción y la presión de rotura. La aleación y/o el tubo que comprende la aleación tienen, por ejemplo, una resistencia a la tracción del material de un mínimo de 262 MPa (38 ksi (kilo-libra por pulgada cuadrada)). La resistencia a la tracción del material puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica, tales como, por ejemplo, el protocolo de ensayo ASTM E-8. En diversas realizaciones, la aleación y/o el tubo que comprende la aleación poseen una resistencia a la tracción del material de 269, 276, 283 ó 290 MPa (39, 40, 41 ó 42 ksi).
- 20 La ductilidad de la aleación y/o un tubo fabricado de la aleación es una propiedad deseable porque, en una realización, los tubos deben doblarse 180 grados en horquillas sin fracturarse o arrugarse para su uso en la bobina. El alargamiento es un indicador de ductilidad del material. La aleación y/o el tubo que comprende la aleación tienen, por ejemplo, un alargamiento de un mínimo del 40 %. El alargamiento puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica, tales como, por ejemplo, el protocolo de ensayo ASTM E-8. En diversas realizaciones, la aleación y/o el tubo que comprende la aleación poseen un alargamiento mínimo del 41, el 42, el 43, el 44, el 45, el 46, el 47, el 48, el 49 o el 50 %.
- 25 La conductividad es una propiedad deseable porque se relaciona con la capacidad de transferencia de calor y, por tanto, es un componente de la eficacia de una bobina de AAR. Además, la conductividad puede ser importante para la formación de tubos. La aleación y/o el tubo que comprende la aleación tienen, por ejemplo, una conductividad de un mínimo del 35 % de IACS (patrón internacional de cobre recocido, por sus siglas en inglés). La conductividad puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica, tales como, por ejemplo, el protocolo de ensayo ASTM E-1004. En diversas realizaciones, la aleación y/o el tubo que comprende la aleación presentan una conductividad mínima del 36, el 37, el 38, el 39, el 40, el 45, el 50, el 55, el 60 o el 65 % (IACS).
- 30 La aleación y/o el tubo tienen, por ejemplo, al menos una resistencia igual al fallo por fatiga por ciclos con respecto a la aleación actual en uso, por ejemplo, C122, como se muestra en la Tabla 2. Además, es deseable que la aleación y/o el tubo tengan, por ejemplo, al menos una resistencia equivalente contra uno o más tipos de corrosión (por ejemplo, corrosión galvánica y corrosión fórmica) con respecto a la aleación actual en uso, por ejemplo, C122.
- 35 En una realización, un tubo que comprende una aleación de la presente invención posee una resistencia al reblandecimiento mejorada (la cual puede ser importante para la soldadura fuerte) y/o una mayor resistencia a la fatiga con respecto a un tubo de cobre convencional, por ejemplo, un tubo fabricado de C122.
- 40 En una realización, un tubo representado en las Figuras 4 (a) - (c) con un espesor de pared reducido t (con respecto a un tubo que comprende una aleación convencional, por ejemplo, C122) que comprende la presente aleación tiene una presión de rotura y/o una fatiga por ciclos iguales o mejoradas con respecto al tubo que comprende una aleación convencional, por ejemplo, C122. Por ejemplo, el espesor de la pared del tubo de un tubo de la presente invención es minimizado con respecto a un tubo convencional, por ejemplo, un tubo de C122, el cual reduce el coste total de material y ambos tubos presentan la misma presión de rotura. En diversas realizaciones, el espesor de la pared del tubo es al menos un 10, un 15 o un 20 % inferior al de un tubo de C122, donde ambos
- 45
- 50
- 55
- 60

tubos presentan la misma presión de rotura. La presión de rotura puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica tales como, por ejemplo, la norma CSA-C22.2 N.º 140.3 Cláusula 6.1 Ensayo de resistencia - UL 207 Cláusula 13. La fatiga por ciclos puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica, tales como, por ejemplo, la norma CSA-C22.2 N.º 140.3 Cláusula 6.4 Ensayo de Fatiga - UL 207 Cláusula 14.

5 La aleación utilizada en la fabricación del tubo de AAR de la presente invención puede fabricarse de acuerdo con los métodos conocidos en la técnica. Durante el proceso de fabricación de la aleación y/o el proceso de formación del tubo, puede ser importante controlar la temperatura. El control de la temperatura puede ser importante para mantener los elementos en solución (evitar la precipitación) y controlar el tamaño del grano. Por ejemplo, la conductividad puede aumentar y la conformabilidad puede sufrir si se procesan incorrectamente.

10 Por ejemplo, tanto para mantener el tamaño de grano deseado como para evitar la formación de precipitados en los procesos de fabricación de la aleación y/o de formación del tubo, el tratamiento térmico en el proceso de producción se producirá durante un corto período de tiempo de manera que la temperatura de la aleación y/o el tubo será de entre 400-600 °C con un cambio hacia arriba o hacia abajo rápido (de 10 a 500 °C/segundo) de la temperatura.

15 Es deseable que la aleación y/o el tubo fabricado de la aleación tengan un tamaño de grano deseado. En una realización, el tamaño de grano es de 1 micrómetro a 50 micrómetros, incluyendo todos los números enteros entre 1 micrómetro y 50 micrómetros. En otra realización, el tamaño de grano es de 10 micrómetros a 25 micrómetros. En otra realización más, el tamaño de grano es de 10 micrómetros a 15 micrómetros. El tamaño de grano puede medirse mediante métodos conocidos en la técnica, tales como, por ejemplo, el protocolo de ensayo ASTM E-112.

20 Las composiciones de aleación utilizadas en la fabricación del tubo de AAR de la presente invención incluyen las siguientes, en las que las cantidades relativas de los componentes de la aleación se proporcionan como porcentajes en peso. Los intervalos de porcentaje en peso incluyen todas las fracciones de un porcentaje (incluyendo, pero no limitadas a, décimas y centésimas de un porcentaje) dentro de los intervalos establecidos.

25 La composición comprende cobre, hierro, estaño y fósforo. El hierro está presente en el intervalo del 0,02 % al 0,2 % y, más específicamente, en el intervalo del 0,07 % al 0,13 %; el estaño en el intervalo del 0,07 % al 1,0 % y, más específicamente, en el intervalo del 0,1 % al 0,5 % y el fósforo en el intervalo del 0,01 al 0,015 % siendo el resto cobre e impurezas. En una realización, el cobre está presente en el intervalo del 98,67 % al 99,91 %.

30 Las impurezas pueden ser, por ejemplo, de origen natural o como resultado del proceso. Los ejemplos de impurezas incluyen, por ejemplo, cinc, hierro y plomo. En una realización, las impurezas pueden ser un máximo del 0,6 %. En diversas otras realizaciones, las impurezas pueden ser un máximo del 0,5, el 0,45, el 0,3, el 0,2 o el 0,1 %.

35 El fósforo está presente en el intervalo del 0,01 % al 0,015 %. Sin pretender quedar limitado por teoría particular alguna, se considera que la inclusión de una cantidad apropiada de fósforo en la aleación aumenta la soldabilidad de la aleación afectando a las características de flujo y el contenido de oxígeno del metal, mientras que la adición de demasiado fósforo conduce a una mala estructura de grano y precipitados no deseados.

40 Las aleaciones utilizadas en la fabricación del tubo de AAR de la presente invención pueden producirse para su uso mediante diversos procesos tales como fundición y laminado, extrusión o laminado y soldadura. El requisito de procesamiento incluye, por ejemplo, la susceptibilidad de soldadura fuerte. La soldadura fuerte se produce cuando los tubos se conectan como se describe a continuación.

45 En general, en el proceso de laminado y soldadura, la aleación es moldeada en forma de barras, es reducida por rodillos a un calibre delgado, es tratada térmicamente, es cortada a medida, es estampada, es conformada en forma de tubo, es soldada, es recocida y es embalada. En general, en el proceso de fundición y laminación, la aleación es moldeada en un tubo "madre", es estirada a la medida, es recocida, es torneada para producir ranuras internas, es dimensionada, se reconocida y es embalada. En general, en el proceso de extrusión, la aleación es moldeada en un tocho sólido, es recalentada, es prensada por extrusión, es estirada y es acanalada a las dimensiones finales, es recocida y es embalada.

50 En una realización, los tubos tienen un diámetro externo de 2,54 mm (0,100 pulgadas) a 25,4 mm (1 pulgada), incluyendo todas las fracciones de pulgada entre 2,54 mm (0,100 pulgadas) y 25,4 mm (1 pulgada) y tienen un espesor de pared de 0,11 mm (0,004 pulgadas) a 1,1 mm (0,040 pulgadas), incluyendo todas las fracciones de una pulgada entre 0,11 (0,004) y 1,1 mm (0,040 pulgadas). Una ventaja de la presente invención es que pueden usarse tubos de paredes más delgadas en aplicaciones de AAR. Esto conduce a costes de material reducidos (véase la Figura 1).

60 Es deseable que los tubos tengan una conductividad (por ejemplo, de manera que los tubos puedan

unirse mediante soldadura) y una conformabilidad (por ejemplo, la susceptibilidad de conformarse, por ejemplo, doblarse, después de la formación del tubo) suficientes. Además, es deseable que los tubos tengan propiedades de manera que el tubo pueda tener una potenciación interna de la acanaladura.

5 Un ejemplo de un proceso adecuado para la aleación de la presente invención es una bobina de intercambiador de calor que tiene tubos formados con un proceso de laminado y soldadura. En una etapa inicial, una aleación de cobre de la presente invención es moldeada en planchas y después es laminada en caliente y en frío en tiras planas. Las tiras laminadas en frío se templan. Las tiras de aleación de cobre templadas son transformadas en tubos de intercambiador de calor por medio de un

10 proceso continuo de laminado y soldadura. Antes de la formación de la lámina y del proceso de soldadura, a los tubos se les puede proveer de potenciaciones internas tales como acanaladuras o nervaduras en la pared interior del tubo, como será evidente para los expertos habituales en la materia. Los tubos son formados en un proceso continuo de laminación y soldadura y la salida puede enrollarse en una bobina grande. La bobina grande puede ser movida después a otra área donde la bobina es cortada en secciones más pequeñas y es conformada en forma de U o de horquilla.

15 Con el fin de construir un intercambiador de calor, la horquilla es enroscada en los orificios pasantes de las aletas de aluminio y es insertada en una plantilla en el tubo de cobre en forma de U para expandir el tubo, fijando de este modo estrechamente el tubo de cobre y la aleta de aluminio entre sí. Después, el extremo abierto del tubo de cobre en forma de U es expandido y es insertado en una horquilla más corta similarmente doblada en forma de U en el extremo expandido. El tubo de cobre doblado es soldado fuerte al extremo abierto expandido usando una aleación de soldadura fuerte que es conectada de este modo a una horquilla adyacente para hacer un intercambiador de calor.

20 El siguiente Ejemplo se presenta para describir con más detalle la presente invención y no pretende ser limitativo de modo alguno.

EJEMPLO 1

25 Se produjeron aleaciones de cobre con diferentes contenidos de Fe y Sn a escala piloto y se sometieron a ensayo las propiedades físicas y mecánicas, ver la Tabla 1.

Los resultados se representaron frente a la cantidad de Sn en el contenido de Fe fijo, véase la Figura 2. Todas las aleaciones sometidas a ensayo cumplen con una conductividad mínima deseada del 35 % IACS. Las aleaciones de referencia con el 2 y el 4 % de Sn muestran que si el contenido de Sn es >1,5 %, la conductividad es demasiado baja. Las propiedades mecánicas de una resistencia a la tracción mínima de 262 MPa (38 ksi) se consigue para todas las aleaciones sometidas a ensayo.

30 Se produjo material de una composición del 0,1 % de Fe y el 0,3 % de Sn (CuFe(0,1)Sn(0,3)), el cual no está dentro del alcance de la invención, a escala de producción completa y se conformó en tubos usando el método de laminado y soldadura. Los tubos se produjeron tanto con un espesor de pared convencional (por ejemplo, 0,300 mm (0,0118 pulgadas)) como con un espesor de pared inferior en un 13 %. Las propiedades mecánicas de los tubos se sometieron a ensayo usando ASTM y UL (por ejemplo, protocolos de ensayo de UL y en comparación con tubos fabricados de aleación de cobre C12200 de "uso actual" con el espesor de pared convencional. Los resultados se muestran en la Tabla 2. La aleación (CuFe(0,1)Sn(0,3)) tiene mayor resistencia y mayor presión de rotura en el espesor de pared convencional. Para tubos producidos con espesor de pared reducido, la presión de rotura para una aleación ((CuFe(0,1)Sn(0,3)) es aún mayor en comparación con C122 en el espesor de pared convencional.

Tabla 1. Propiedades mecánicas y conductividad para las aleaciones sometidas a ensayo en diferentes contenidos de Fe y Sn.

N.º de la aleación	Fe (%)	Sn (%)	P (%)	RT Paralela (MPa (ksi))	A Paralelo (%)	RT Paralela (MPa (ksi))	A Transversal (%)	Conductividad eléctrica (% IACS)
A **	0,10	0	0,032	292 (42,4)	37,6	280 (40,6)	34,3	72
B **	0,19	0	0,031	284 (41,2)	37,4	275 (39,9)	34,5	59
C **	0	0,16	0,012	263 (38,1)	49,8	257 (37,3)	48,5	74
D **	0	0,49	0,013	332 (48,2)	24,5	316 (45,8)	32,6	63
E **	0	1,29	0,014	307 (44,5)	43,9	308 (44,7)	47,9	45
F	0,10	0,19	0,015	285 (41,3)	42,0	279 (40,5)	43,3	59
G	0,10	0,50	0,014	314 (45,5)	39,4	304 (44,1)	40,3	48
Ref *	0,10	2,0	0,03	380 (55,1)				35
Ref *	0,10	4,0	0,03	440 (63,8)				22

* Aleaciones C50715 y C51190 sólo como referencia

** Fuera del alcance de la presente invención

Tabla 2. Propiedades mecánicas de tubos fabricados de una aleación (CuFe(0,1) (que no está dentro del ámbito de la invención) en comparación con aleación convencional actual C12200 (Cu-DHP).

Aleación	Espesor de pared del tubo	Tamaño de grano (mm)	Resistencia a la tracción (MPa (ksi))	Alargamiento (%)	Presión de rotura (MPa (psi))	Conductividad (% IACS)	Fatiga por ciclos
CuFe0,1Sn0,3	Convencional	0,010	274 (39,8)	43	16,3 (2370)	47	Aprobado
CuFe0,1Sn0,3	87 % del convencional	0,010	273 (39,6)	46	14,1 (2040)	47	Aprobado
C12200	Convencional	0,020	239 (34,7)	47	13,4 (1950)	83	Aprobado

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un tubo de AAR para su uso en un intercambiador de calor, en el que el tubo comprende una aleación de cobre que comprendiendo:
- a) hierro en una cantidad del 0,02 % al 0,2 % en peso; y
 - b) estaño en una cantidad del 0,07 % al 1,0 % en peso;
- 10 en el que la aleación comprende fósforo en una cantidad del 0,01 al 0,015 % en peso, y en el que el resto de la aleación es cobre e impurezas.
- 15 2. El tubo de AAR de la reivindicación 1, en el que el hierro está presente en una cantidad del 0,07 % al 0,13 % en peso, y en el que el estaño está presente en una cantidad del 0,1 % al 0,5 % en peso.
- 20 3. El tubo de AAR de la reivindicación 1, en el que la aleación presenta un tamaño de grano de 1 micrómetro a 50 micrómetros.
4. El tubo de AAR de la reivindicación 1, en el que el tubo presenta un diámetro externo de 2,54 mm (0,100 pulgadas) a 25,4 mm (1 pulgada).

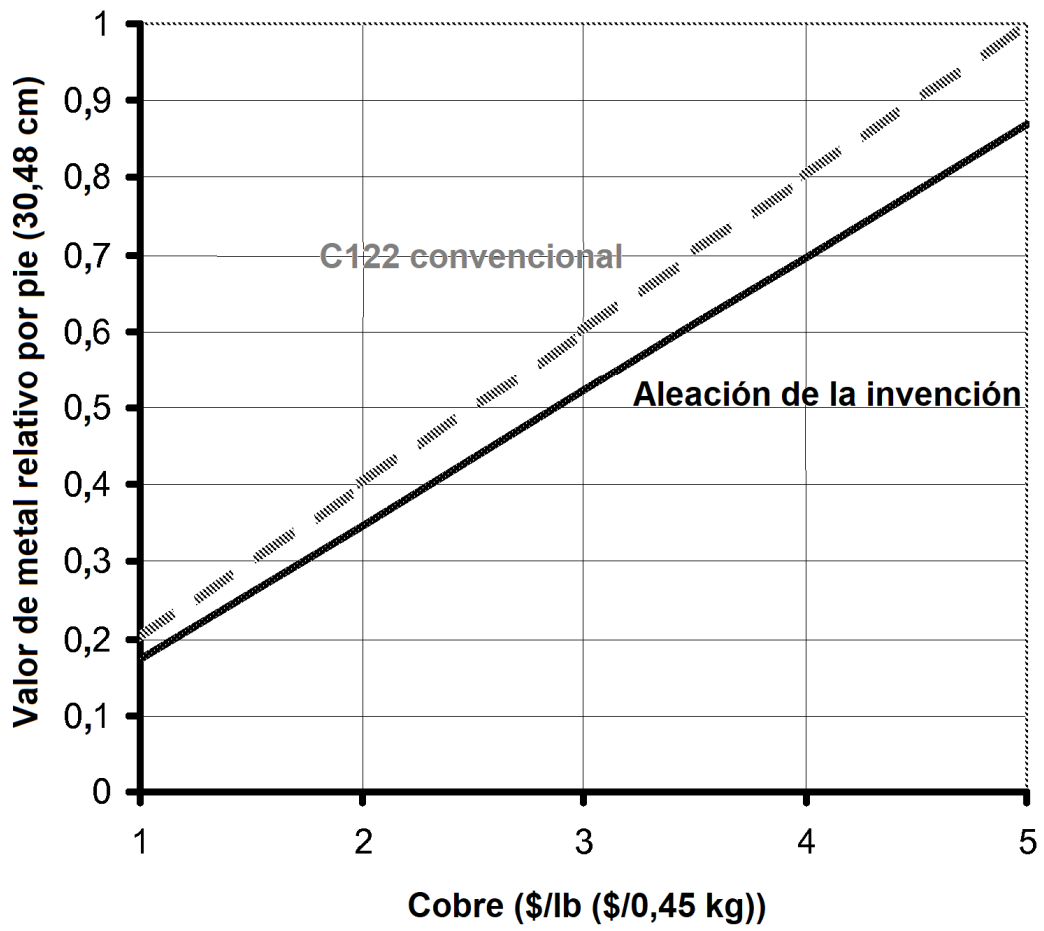


Figura 1

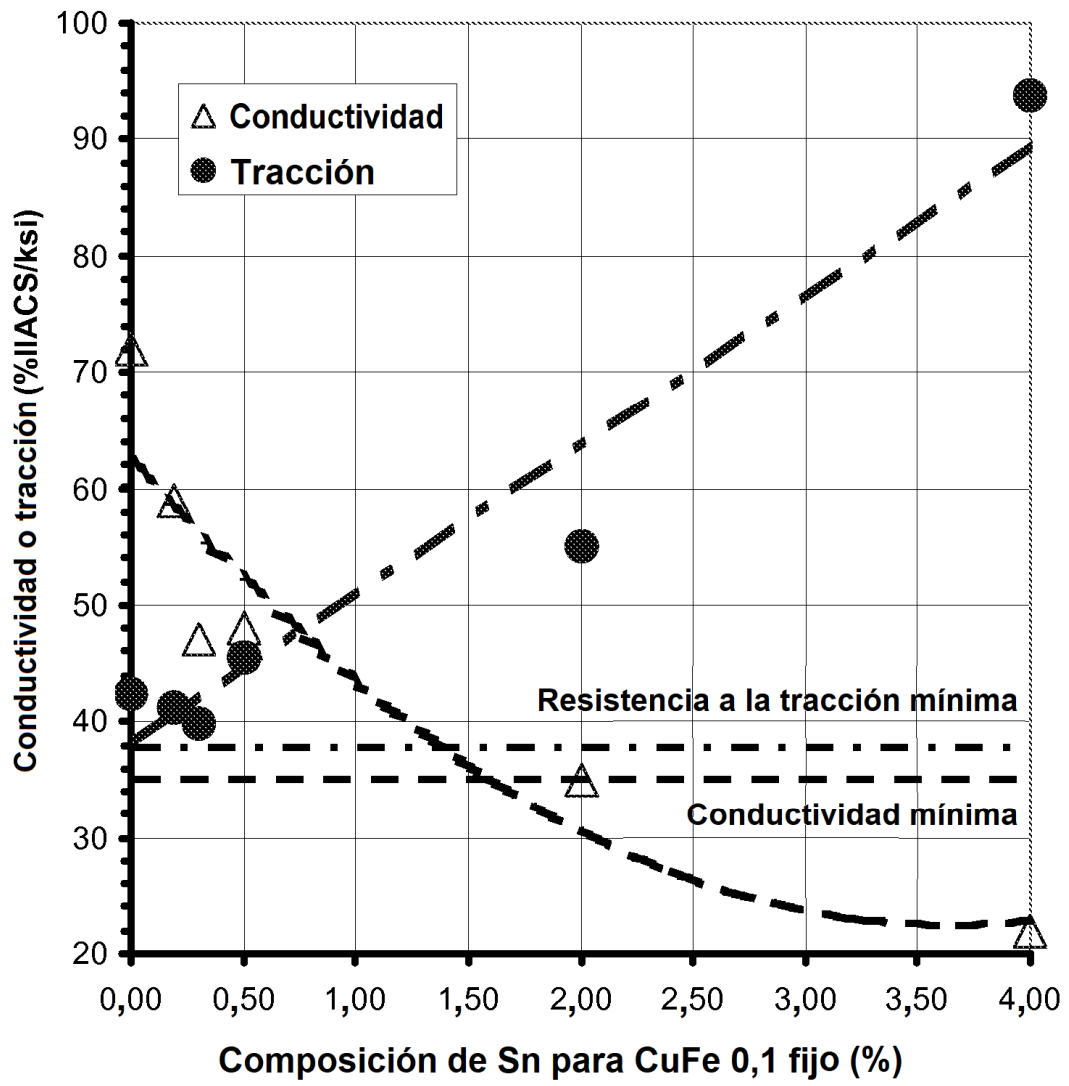


Figura 2

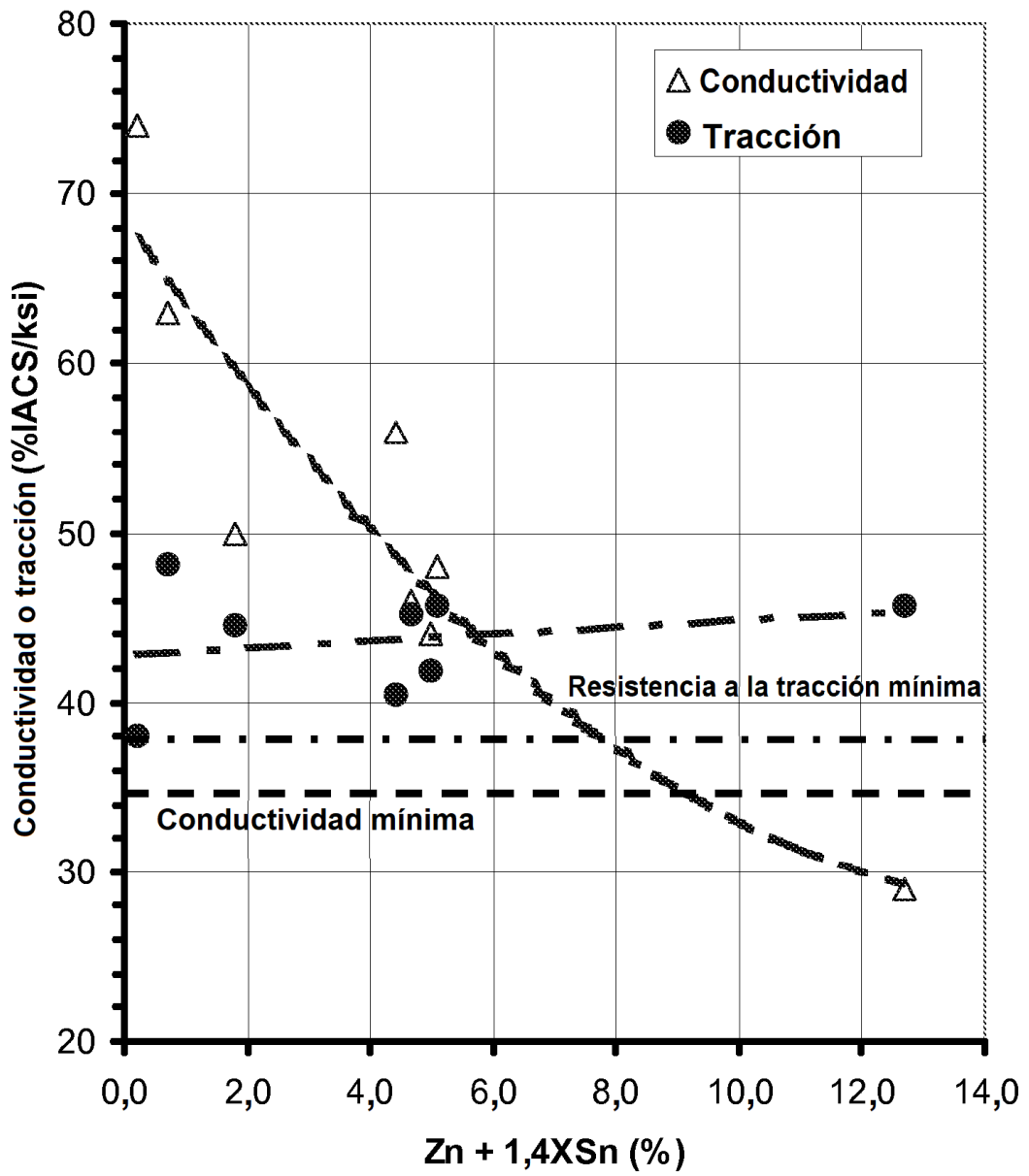


Figura 3

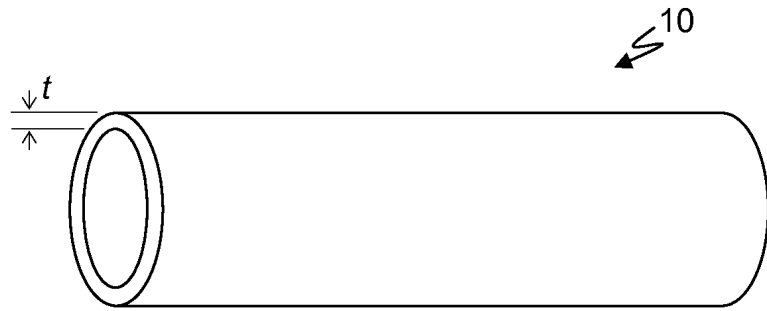


Figura 4(a)

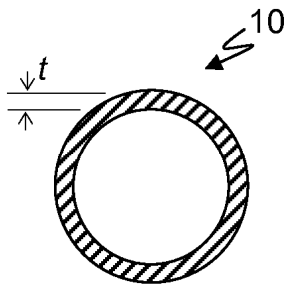


Figura 4(b)

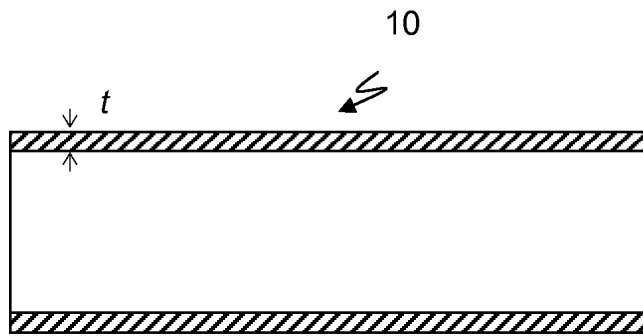


Figura 4(c)

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Este listado de referencias citadas por el solicitante tiene como único fin la conveniencia del lector. No forma parte del documento de la Patente Europea. Aunque se ha puesto gran cuidado en la compilación de las referencias, no pueden excluirse errores u omisiones y la EPO rechaza cualquier responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

- JP 2006274313 B [0008]