

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 532**

51 Int. Cl.:

B23K 1/00 (2006.01)

B23K 1/19 (2006.01)

B23K 1/20 (2006.01)

B23K 20/02 (2006.01)

B23K 20/16 (2006.01)

F28F 3/02 (2006.01)

F28D 9/00 (2006.01)

B23K 1/008 (2006.01)

B23K 35/365 (2006.01)

B23K 35/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.09.2013** **E 13186388 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017** **EP 2853334**

54 Título: **Método para unir un intercambiador de calor de placas utilizando una capa depresora del punto de fusión; intercambiador de calor correspondiente**

30 Prioridad:

26.09.2013 EP 13186257

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

14.02.2018

73 Titular/es:

**ALFA LAVAL CORPORATE AB (100.0%)
P.O. Box 73
221 00 Lund, SE**

72 Inventor/es:

**SJÖDIN, PER y
WALTER, KRISTIAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 654 532 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

Método para unir un intercambiador de calor de placas utilizando una capa depresora del punto de fusión; intercambiador de calor correspondiente

5

Antecedentes

La invención se refiere a un método para producir un intercambiador de calor de placas y a un intercambiador de calor de placas producido por el método, de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 21 (véase, por ejemplo, el artículo de J Rassmus *et al.*, 'Joining aspects on large plate heat exchangers in stainless steel', conferencia internacional de soldadura fuerte y soldadura AWS CMR, resumen de documentos).

10

Campo técnico

Diferentes métodos se pueden utilizar para la unión de aleaciones que tienen altas temperaturas de fusión. En este contexto "alta temperatura de fusión" es una temperatura de fusión superior a 900 °C. La soldadura es un método común en el que el metal padre se funde con o sin material adicional, es decir, un producto fundido se crea mediante fusión y re-solidificación.

15

La soldadura fuerte es un proceso para unir metales sólidos en estrecha proximidad mediante la introducción de un metal líquido que se funde por encima de 450 °C. Una junta soldada por soldadura fuerte se produce por lo general cuando se selecciona una aleación de carga apropiada, las superficies metálicas de los padres se limpian y permanecen limpias durante el calentamiento a la temperatura de flujo de la aleación de soldadura fuerte, y se utiliza un diseño de junta adecuado. Durante el proceso la carga de soldadura fuerte se funde a una temperatura por encima de 450 °C, es decir, una interfaz de líquido se forma a una temperatura inferior a la temperatura del líquido del metal padre que se va a unir. A fin de lograr la soldadura fuerte la interfaz de líquido debe tener una buena humectación y flujo.

20

25

La soldadura es un proceso en el que dos o más artículos de metal se unen fundiendo y haciendo fluir un metal de carga, es decir, estaño, en la junta, la soldadura tiene un punto de fusión menor que el de la pieza de trabajo. En la soldadura fuerte, el metal de carga se funde a una temperatura más alta que el estaño, pero la pieza de trabajo de metal no se derrite. La distinción entre la soldadura y la soldadura fuerte se basa en la temperatura de fusión de la aleación de carga. Una temperatura de 450 °C se utiliza por lo general como un punto de delineado práctico entre la soldadura y la soldadura fuerte.

30

35

Por lo general, el procedimiento de soldadura fuerte implica aplicar una carga de soldadura fuerte en contacto con el hueco o el espacio entre el metal padre que se va a unir. Durante el proceso de calentamiento, la carga de soldadura fuerte se funde y llena el hueco que se va a unir. En el proceso de soldadura fuerte hay tres etapas principales, en el que la primera etapa se denomina la etapa física. La etapa física incluye humectar y hacer fluir la carga de soldadura fuerte. La segunda etapa se produce normalmente a una temperatura de unión dada. Durante esta etapa hay una interacción sólido-líquido, que se acompaña de la transferencia de masa sustancial. El volumen de metal padre que está inmediatamente próximo al metal de carga líquido se disuelve o bien se hace reaccionar con el metal de carga en esta etapa. Al mismo tiempo, una pequeña cantidad de elementos de las fases líquida penetra en el metal padre sólido. Esta redistribución de los componentes en el área de unión da lugar a cambios en la composición del metal de carga, y, a veces, el inicio de la solidificación del metal de carga. La última etapa, que se superpone a la segunda, se caracteriza por la formación de la microestructura de junta final y progresa durante la solidificación y enfriamiento de la junta.

40

45

Otro método para unir dos partes de metal (materiales padres) es la unión por difusión en fase líquida transitoria (unión TLP) donde se produce la difusión cuando un elemento depresor del punto de fusión de una capa intermedia se mueve en los límites de celosía y de grano de las partes de metal a la temperatura de unión. Los procesos de difusión en estado sólido conducen, a continuación, a un cambio de composición en la interfaz de unión y la capa intermedia diferente se funde a una temperatura más baja que los materiales padres. Por tanto, una fina capa de líquido se extiende a lo largo de la interfaz para formar una unión a una temperatura menor que el punto de fusión de cualquiera de las partes de metal. Una reducción en la temperatura de unión conduce a la solidificación de la masa fundida, y esta fase se puede difundir, posteriormente, en las partes de metal manteniéndose a una temperatura de unión durante un período de tiempo.

50

55

Métodos de unión tales como soldadura, soldadura fuerte y unión TLP unen con éxito partes de metal. Sin embargo, la soldadura tiene sus limitaciones, ya que puede ser muy costoso o incluso imposible crear un gran número de juntas cuando son de difícil acceso. La soldadura fuerte tiene también sus limitaciones, por ejemplo, en que puede ser difícil de aplicar correctamente o incluso determinar un metal de carga más adecuado. La unión TLP es ventajosa cuando se trata de unir un material diferente, pero tiene sus limitaciones. Por ejemplo, a menudo es difícil encontrar una capa intermedia adecuada y el método no es realmente adecuado para la creación de una junta donde se tienen que llenar grandes huecos o cuando se va a formar una junta relativamente grande.

60

65

Otros métodos para unir partes de metal se encuentran por ejemplo en los documentos de patente US2009/305078A1, US2006/060296A1 y US2012/183807A1.

Por tanto, muchos factores se ven implicados en la selección de un cierto método de unión. Los factores que son también cruciales son el coste, productividad, seguridad, velocidad de proceso y las propiedades de la junta que une las partes de metal, así como las propiedades de las propias partes de metal después de la unión. A pesar de que los métodos mencionados anteriormente tienen sus ventajas, todavía existe la necesidad de un método de unión a ser utilizado como un complemento a los métodos actuales, en particular, si factores tales como el coste, productividad, seguridad y velocidad de proceso se tienen en cuenta.

Sumario

El objetivo de la invención es mejorar las técnicas anteriores y la técnica anterior. En particular, un objetivo es proporcionar un método para producir un intercambiador de calor de placas unido permanentemente de forma sencilla y fiable y seguir produciendo una fuerte unión entre las placas del intercambiador de calor de placas.

Para conseguir estos objetivos un método para producir un intercambiador de calor de placas unido de forma permanente que comprende una pluralidad de placas de metal del intercambiador de calor que tienen una temperatura sólida superior a 1000 °C se define en la reivindicación 1. Las placas se proporcionan una junto a la otra y formando un paquete de placas con primeros espacios intermedios entre placas para un primer medio y segundos espacios intermedios entre placas para un segundo medio, en el que los primeros y segundos espacios intermedios entre placas se proporcionan en un orden alternante en el paquete de placas. Cada placa del intercambiador de calor comprende un área de transferencia de calor y un área de borde que comprende bordes doblados que se extienden alrededor del área de transferencia de calor. Una primera superficie de las placas forma una forma convexa y una segunda superficie de las placas forma una forma cóncava y el área de transferencia de calor comprende una ondulación de elevaciones y depresiones. Dicha ondulación de las placas y los bordes doblados se proporciona presionando las placas. El método comprende las etapas de:

aplicar una composición depresora del punto de fusión en al menos una parte de la primera superficie convexa de una primera placa, comprendiendo la composición depresora del punto de fusión

- un componente depresor del punto de fusión que comprende al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio para disminuir una temperatura de fusión de la primera placa, y
- opcionalmente, un componente aglutinante para facilitar la aplicación de la composición depresora del punto de fusión en la primera superficie,

llevar una segunda superficie cóncava de una segunda placa en contacto con la composición depresora del punto de fusión en dicha primera superficie convexa de la primera placa apilando las placas en un paquete de placas,

calentar la primera y segunda placas a una temperatura superior a 1000 °C, fundiéndose así dicha primera superficie convexa de la primera placa de tal manera que una capa superficial de la primera placa se funde y, junto con el componente depresor del punto de fusión, forma una capa de metal fundida que está en contacto con la segunda placa en puntos de contacto entre la primera placa y la segunda placa, y permitir que la capa de metal fundido se solidifique, de manera que se obtiene una junta en los puntos de contacto entre las placas en el paquete de placas y de tal manera que los bordes doblados forman un ajuste apretado entre los bordes doblados de las placas en el paquete de placas.

El metal de las placas puede tener la forma de, por ejemplo hierro, níquel y aleaciones metálicas a base de cobalto, puesto que normalmente tienen una temperatura sólida superior a 1000 °C. Las placas pueden no ser de aluminio puro o aleaciones basadas en aluminio que no tienen una temperatura sólida superior a 1000 °C. El metal en las placas de metal o incluso la placa de metal en sí puede denominarse "metal padre" o "material padre". En este contexto, una aleación "basada en hierro" es una aleación donde el hierro tiene el porcentaje en peso más grande de todos los elementos en la aleación (% en peso). La situación correspondiente se aplica también para aleaciones basadas en níquel, cobalto, cromo y aluminio.

Como se ha indicado, la composición depresora del punto de fusión comprende al menos un componente, que es el componente depresor del punto de fusión. Opcionalmente, la composición depresora del punto de fusión comprende un componente aglutinante. Todas las sustancias o partes de la composición depresora del punto de fusión que contribuyen a la disminución de una temperatura de fusión de al menos la primera placa se consideran que son parte del componente depresor del punto de fusión. Partes de la composición depresora del punto de fusión que no están involucradas en la disminución de una temperatura de fusión de al menos la primera placa sino que en cambio "se unen" a la composición depresora del punto de fusión, de tal manera que forman, por ejemplo, una pasta, pintura o suspensión, se consideran que son parte del componente aglutinante. Por supuesto, el componente depresor del punto de fusión puede incluir otros componentes, tales como pequeñas cantidades de metal de carga. Sin embargo, tal metal de carga no puede representar más del 75 % en peso del componente depresor del punto de fusión, puesto

que al menos el 25 % en peso del componente depresor del punto de fusión comprende fósforo y silicio. Si un metal de carga se incluye en la composición depresora del punto de fusión, siempre es parte del componente depresor del punto de fusión.

5 En este contexto, "fósforo y silicio" se refiere a la suma de fósforo y silicio en el componente depresor del punto de fusión, tal como se calcula en % en peso. Aquí, % en peso significa el porcentaje en peso que se determina multiplicando la fracción de masa por 100. Como es conocido, la fracción de masa de una sustancia en un componente es la relación de la concentración en masa de dicha sustancia (densidad de la sustancia en el componente) con respecto a la densidad del componente. Por tanto, por ejemplo, al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio significa que el peso total de fósforo y silicio es de al menos 25 g en una muestra de componente depresor del punto de fusión de 100 g. Obviamente, si un componente aglutinante está comprendido en la composición depresora del punto de fusión, entonces el % en peso de fósforo y de silicio en la composición depresora del punto de fusión puede ser inferior al 25 % en peso. Sin embargo, al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio está siempre presente en el componente depresor del punto de fusión, que como se indica, incluye también cualquier metal de carga que se pueda incluir, es decir, el metal de carga se ve siempre como parte de la composición depresora del punto de fusión.

El "fósforo" incluye todo el fósforo en el componente depresor del punto de fusión, incluyendo el fósforo elemental, así como fósforo en un compuesto de fósforo. Correspondientemente, el "silicio" incluye todo el silicio en el componente depresor del punto de fusión, incluyendo silicio elemental, así como silicio en un compuesto de silicio. Por tanto, tanto el fósforo como silicio pueden, en el componente depresor del punto de fusión, representarse por el fósforo y silicio en diversos compuestos de fósforo y de silicio.

Obviamente, la composición depresora del punto de fusión es muy diferente de las sustancias de soldadura fuerte convencionales puesto que tienen mucho más metal de carga en relación con las sustancias depresoras del punto de fusión como el fósforo y el silicio. Por lo general, las sustancias de soldadura fuerte tienen menos del 18 % en peso de fósforo y silicio.

El método es ventajoso en que el metal de carga se puede reducir o incluso excluir y en que se puede aplicar en placas de metal que se fabrican a partir de diferentes materiales. Por supuesto, la composición depresora del punto de fusión se puede aplicar sobre la segunda placa de metal también.

El fósforo puede originarse a partir de cualquiera de fósforo elemental y fósforo de un compuesto de fósforo seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: fosfuro de manganeso, fosfuro de hierro y fosfuro de níquel. El silicio puede proceder de cualquiera de silicio elemental y silicio de un compuesto de silicio seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de silicio, boruro de silicio y ferrosilicio.

El componente depresor del punto de fusión puede comprender cualquiera de al menos el 25 % en peso, al menos el 35 % en peso y al menos el 55 % en peso de fósforo y silicio. Esto significa que si hay cualquier metal de carga presente, el mismo está presente en cantidades de menos del 75 % en peso, menos del 65 % en peso, menos del 45 % en peso, respectivamente.

El fósforo puede constituir al menos el 10 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión. Esto significa que, cuando el componente depresor del punto de fusión comprende al menos el 25 % en peso de fósforo y de silicio, entonces el componente depresor del punto de fusión comprende al menos al menos el 2,5 % en peso de fósforo. El silicio puede constituir al menos el 55 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión.

El componente depresor del punto de fusión puede comprender menos del 50 % en peso de elementos metálicos, o menos del % 10 en peso de elementos metálicos. Tales elementos metálicos corresponden a la "carga de metal" que se ha descrito anteriormente. Tales pequeñas cantidades de elementos metálicos o metal de carga diferencian la composición depresora del punto de fusión claramente de, por ejemplo, las composiciones de soldadura fuerte conocidas puesto que comprenden al menos el 60 % en peso de elementos metálicos. Aquí, "elementos metálicos" incluyen, por ejemplo, todos los metales de transición, que son los elementos en el bloque d de la tabla periódica, que incluye los grupos 3 a 12 en la tabla periódica. Esto significa que, por ejemplo, hierro (Fe), níquel (Ni), cobalto (Co), cromo (Cr) y molibdeno (Mo) son "elementos metálicos". Elementos que no son "elementos metálicos" son los gases nobles, los halógenos y los siguientes elementos: boro (B), carbono (C), silicio (Si), nitrógeno (N), fósforo (P), arsénico (As), oxígeno (O), azufre (S), selenio (Se) y telurio (Tu). Cabe señalar que, por ejemplo, si el fósforo proviene del compuesto de fosfuro de manganeso, entonces, la parte de manganeso de este compuesto es un elemento metálico que se incluye en los elementos metálicos que, en una realización deben ser inferiores al 50 % en peso y, en la otra realización, inferiores al 10 % en peso.

Las placas pueden comprender un espesor de 0,3-0,6 mm y la aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede comprender después la aplicación de una media de 0,02 -1,00 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de la primera parte de metal. La aplicación de una media de 0,02 -1,00 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de la primera placa incluye cualquier aplicación indirecta a través de, por ejemplo, la segunda placa, por

ejemplo, fósforo y silicio que se transfiere de la segunda placa a la primera placa. Por tanto, el fósforo y el silicio referidos en la presente memoria no deben necesariamente aplicarse directamente sobre la primera parte de metal, siempre que sigan contribuyendo a la fusión de la capa superficial de la primera placa.

5 La primera placa puede comprender un espesor de 0,6-1,0 mm y la aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede comprender después la aplicación de una media de 0,02-1,0 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de la primera placa. Como antes, la aplicación incluye también la "aplicación" indirecta a través de la segunda placa.

10 La primera placa puede comprender un espesor de más de 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede comprender después la aplicación de una media de 0,02-5,0 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de la primera placa.

15 La aplicación de la composición depresora del punto de fusión se pueden hacer antes del prensado de las placas. La aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede, como alternativa, hacerse después del prensado de las placas.

20 La aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede realizarse además después de apilar las placas en un paquete de placas lavando una suspensión que contiene la composición depresora del punto de fusión a través del paquete de placas.

La aplicación de la composición depresora del punto de fusión se puede realizar por medio de estampación, o por medio de pulverización catódica sobre una bobina que se corta en placas.

25 La primera superficie puede tener un área que es más grande que un área definida por el punto de contacto sobre dicha primera parte superficial, de manera que el metal en la capa de metal fundido fluye al punto de contacto cuando se permite la formación de la junta. Tal flujo es causado normalmente por acción capilar.

30 El área de la superficie puede ser al menos 3 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área de la superficie puede ser incluso más grande (o el punto de contacto relativamente más pequeño), tal como al menos 10, 20 o 30 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área de la superficie se refiere al área de la superficie desde donde el metal fundido hace fluir para formar la junta.

35 El área de la superficie puede ser de al menos 3 o al menos 10 veces más grande que un área de sección transversal de la junta. El área de la superficie puede ser incluso más grande (o el área de sección transversal de la junta relativamente más pequeña), tal como es al menos 6 o 10 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área en sección transversal de la junta se puede definir como el área de sección transversal que la junta tiene a través de un plano que es paralelo a la superficie donde se encuentra el punto de contacto, en un lugar donde la junta tiene su extensión más pequeña (área de sección transversal).

40 Las placas pueden comprender cualquiera de:

- i) >50 % en peso de Fe, <13 % en peso de Cr, <1 % en peso de Mo, <1 % en peso de Ni y <3 % en peso de Mn;
- ii) >90 % en peso de Fe;
- 45 iii) >65 % en peso de Fe y >13% en peso de Cr;
- iv) >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso % de Cr y >6 en peso de Ni;
- v) >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso de Cr, 1-10 % en peso de Mo y >8 % en peso de Ni;
- vi) >97 % en peso de Ni;
- vii) >10 % en peso de Cr y >60 % en peso de Ni;
- 50 viii) >15 % en peso de Cr, >10 % en peso de Mo y >50 % en peso de Ni;
- ix) >70 % en peso de Co; y
- x) >10 % en peso de Fe, 0,1-30 % en peso de Mo, 0,1-30 % en peso de Ni y >50 % en peso de Co.

55 Lo anterior significa que la primera placa, y la segunda placa pueden, por tanto, realizarse de un gran número de diferentes aleaciones. Obviamente, los ejemplos anteriores están equilibrados con otros metales o elementos comunes dentro de la industria.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, un intercambiador de calor de placas que comprende una pluralidad de placas de metal del intercambiador de calor que tienen una temperatura sólida superior a 1000 °C se define en la reivindicación 21. Las placas se proporcionan una junto a la otra y forman un paquete de placas con primeros espacios intermedios entre placas para un primer medio y segundos espacios intermedios entre placas para un segundo medio, en las que los primeros y segundos espacios intermedios entre placas se proporcionan en un orden alternante en el paquete de placas. Cada placa del intercambiador de calor comprende un área de transferencia de calor y un área de borde que comprende bordes doblados que se extienden alrededor del área de transferencia de calor. Una primera superficie de las placas forma una forma convexa y una segunda superficie de las placas forma una forma cóncava y el área de transferencia de calor comprende una ondulación de elevaciones y

depresiones. Dicha ondulación de placas y bordes doblados se proporciona presionando las placas. El intercambiador de calor de placas se produce de acuerdo con el método anterior o cualquiera de sus realizaciones.

5 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el intercambiador de calor de placas comprende una primera placa que se une con una segunda placa por una junta, teniendo las placas una temperatura sólida superior a 1000 °C, en el que la junta comprende fósforo y de silicio, y al menos el 50 % en peso de elementos metálicos que se han extraído de un área (A1) que rodea la junta y era parte de cualquiera de la primera placa y se proporciona la segunda placa.

10 Diferentes objetivos, características, aspectos y ventajas del método, los productos y la composición depresora del punto de fusión aparecerán de la siguiente descripción detallada, así como de los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

15 A continuación se describirán las realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que

la Figura 1 es una vista lateral de un intercambiador de calor de placas de la técnica anterior,
 la Figura 2 es una vista en planta de un intercambiador de calor de placas de acuerdo con la Figura 1,
 20 la Figura 3 es una vista en sección transversal de un intercambiador de calor de placas de acuerdo con la Figura 1,
 la Figura 4 es un diagrama de flujo de un método para unir las placas en el intercambiador de calor de placas de acuerdo con el método de la invención,
 la Figura 5 muestra una placa prensada que se utiliza en una serie de ejemplos que describen cómo se pueden unir dos partes de metal,
 25 la Figura 6 es una foto de una sección transversal de una junta entre la placa mostrada en la Figura 5 y una placa plana,
 la Figura 7 muestra un diagrama donde una anchura de junta medida se representa como una función de una cantidad aplicada de composición depresora del punto de fusión, incluyendo las líneas de tendencia,
 30 las Figuras 8-12 muestran una sección transversal de una junta investigada en un SEM, (microscopio electrónico de barrido), y las ubicaciones del barrido de exploración.

Descripción detallada

35 Con referencia a las figuras adjuntas, se describe un intercambiador de calor de placas, véase Figuras 1, 2 y 3, respectivamente. El intercambiador de calor de placas 1 comprende una pluralidad de placas de intercambiador de calor 2 que se proporcionan una junto a la otra para formar un paquete de placas 3 con primeros espacios intermedios entre placas 4 para un primer medio y segundos espacios intermedios entre placas 5 para un segundo medio. Los primeros espacios intermedios entre placas 4 y los segundos espacios intermedios entre placas 5 se proporcionan en un orden alternante en el paquete de placas 3, es decir, cada segundo espacio intermedio entre
 40 placas es un primer espacio intermedio entre placas 4 y cada segundo un segundo espacio intermedio entre placas 5, véase Figura 3.

45 El intercambiador de calor de placas 1 que se divulga en las Figuras 1-3 tiene placas de intercambiador de calor 2 que están unidas permanentemente entre sí. Las dos placas del intercambiador de calor más exteriores pueden formar o sustituirse por placas de extremo.

50 El intercambiador de calor de placas 1 comprende también canales de entrada y salida 6-9, que se disponen para transportar el primer medio en los primeros espacios intermedios entre placas 4 y fuera de los mismos, y transportar el segundo medio en los segundos espacios intermedios entre placas 5 y fuera de los mismos. Cada placa de intercambiador de calor 2 se extiende un plano de extensión principal p, y comprende un área de transferencia de calor 10 y un área de borde 11 que se extiende alrededor del área de transferencia de calor 10. Cada placa 1 del intercambiador de calor comprende también dos áreas de lumbrera 12 y 13, que se proporcionan en un primer extremo 1A de la placa 1 del intercambiador de calor y en un segundo extremo 1b de la placa 1 del intercambiador de calor, respectivamente. Las áreas de lumbrera 12 y 13 se encuentran dentro del área de borde 11, y más específicamente entre el área de borde 11 y el área de transferencia de calor 10. Cada área de lumbrera 12, 13 comprende al menos dos lumbreras 14 que están alineadas con los canales de entrada y salida 6-9 respectivos. Cada placa 1 del intercambiador de calor comprende también una pestaña exterior circundante o borde doblado 15. El borde o pestaña doblada 15 está provista fuera de o forma una parte exterior del área de borde 11. Cabe señalar que las placas de intercambiador de calor 2 pueden tener también un borde doblado exterior 15 que se extiende a lo
 60 largo de una parte de la periferia de la placa 1 del intercambiador de calor. Por consiguiente las placas 2 tienen, cada una, una primera superficie 16 que tiene una forma convexa y una segunda superficie 17 que tiene una forma cóncava.

65 El área de transferencia de calor 10 comprende una ondulación de elevaciones 18 y depresiones 19. Tales depresiones y elevaciones pueden, por ejemplo, formarse como crestas y ranuras o como hoyuelos.

Las placas 2 se pueden fabricar de, por ejemplo, aleaciones metálicas basadas en hierro, níquel y cobalto, puesto que tienen normalmente una temperatura sólida superior a 1000 °C. Las placas no se pueden fabricar de aluminio puro o aleaciones basadas en aluminio que no tienen una temperatura sólida superior a 1000 °C. Por ejemplo, las placas pueden normalmente fabricarse a partir de aleaciones basadas en hierro, níquel y cobalto.

El metal en las placas 2 o incluso las propias placas 2 pueden denominarse "metal padre" o "material padre". En este contexto, una aleación "basada en hierro" es una aleación donde el hierro tiene el porcentaje en peso más grande de todos los elementos en la aleación (% en peso). La situación correspondiente se aplica también para, por ejemplo, aleaciones basadas en níquel, cobre, cobalto, cromo y aluminio.

Haciendo referencia a la Figura 4 se ilustra un diagrama de flujo de un método para unir las placas 2 para un intercambiador de calor de placas 1. Las placas 2 se pueden fabricar de diferentes materiales como se ha descrito anteriormente.

En una primera etapa 201 una composición depresora del punto de fusión 20 se aplica sobre al menos una parte de la primera superficie convexa 16 de las placas. La composición depresora del punto de fusión 20 se puede aplicar en solo una parte de la superficie convexa 16 o sobre sustancialmente la totalidad de la superficie convexa 16. En una realización alternativa, la composición depresora del punto de fusión 20 se puede aplicar también sobre la segunda superficie cóncava 17 de las placas 2 pero entonces en una cantidad que es menor que la cantidad de composición depresora del punto de fusión que se aplica sobre la primera superficie convexa 16.

La aplicación se puede realizar por técnicas convencionales, por ejemplo por pulverización, estampación, laminación o pintura en el caso de que la composición depresora del punto de fusión comprenda un componente aglutinante, por PVD o CVD o con sólo depresores del punto de fusión en caso de que no haya ningún componente aglutinante.

La composición depresora del punto de fusión 20 comprende al menos un componente, que es el componente depresor del punto de fusión. Opcionalmente, la composición depresora del punto de fusión comprende un componente aglutinante. Todas las sustancias o partes de la composición depresora del punto de fusión que contribuyen a la disminución de una temperatura de fusión de al menos la primera parte de metal se consideran que son parte del componente depresor del punto de fusión. Las partes de la composición depresora del punto de fusión que no están involucradas en la disminución de una temperatura de fusión de al menos la primera parte de metal, sino que en cambio "unen" la composición depresora del punto de fusión, de tal manera que forma, por ejemplo, una pasta, pintura o suspensión, se consideran que son parte del componente aglutinante. Por supuesto, el componente depresor del punto de fusión puede incluir otros componentes, tales como pequeñas cantidades de metal de carga. Sin embargo, tal metal de carga no puede representar más del 75 % en peso del componente depresor del punto de fusión, puesto que al menos el 25 % en peso del componente depresor del punto de fusión comprende fósforo y silicio. Si un metal de carga se incluye en la composición depresora del punto de fusión, siempre es parte del componente depresor del punto de fusión.

En este contexto, "fósforo y silicio" se refiere a la suma de fósforo y silicio en el componente depresor del punto de fusión, tal como se calcula en % en peso. Aquí, % en peso significa el porcentaje en peso que se determina multiplicando la fracción de masa por 100. Como es conocido, la fracción de masa de una sustancia en un componente es la relación de la concentración en masa de dicha sustancia (densidad de la sustancia en el componente) con respecto a la densidad del componente. Por tanto, por ejemplo, al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio significa que el peso total de fósforo y silicio es de al menos 25 g en una muestra de componente depresor del punto de fusión de 100 g. Obviamente, si un componente aglutinante está comprendido en la composición depresora del punto de fusión, entonces el % en peso de fósforo y de silicio en la composición depresora del punto de fusión puede ser inferior al 25 % en peso. Sin embargo, al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio está siempre presente en el componente depresor del punto de fusión, que como se indica, incluye también cualquier metal de carga que se pueda incluir, es decir, el metal de carga se ve siempre como parte de la composición depresora del punto de fusión.

El "fósforo" incluye todo el fósforo en el componente depresor del punto de fusión, incluyendo el fósforo elemental, así como fósforo en un compuesto de fósforo. Correspóndientemente, el "silicio" incluye todo el silicio en el componente depresor del punto de fusión, incluyendo silicio elemental, así como silicio en un compuesto de silicio. Por tanto, tanto el fósforo como silicio pueden, en el componente depresor del punto de fusión, representarse por el fósforo y silicio en diversos compuestos de fósforo y de silicio.

Obviamente, la composición depresora del punto de fusión es muy diferente de las sustancias de soldadura fuerte convencionales puesto que tienen mucho más metal de carga en relación con las sustancias depresoras del punto de fusión como el fósforo y el silicio. Por lo general, las sustancias de soldadura fuerte tienen menos del 18 % en peso de fósforo y silicio.

El método es ventajoso en que el metal de carga se puede reducir o incluso excluir y en que se puede aplicar en placas de metal que se fabrican a partir de diferentes materiales. También se puede utilizar dentro de una amplia gama de aplicaciones, por ejemplo, para la unión de placas de transferencia de calor o cualquier objeto de metal

adecuado que de otro modo se unen, por ejemplo, mediante soldadura o soldadura fuerte convencional.

En otra realización de la invención la composición depresora del punto de fusión 20 se aplica sobre una bobina que posteriormente se corta en placas 2.

5 En una etapa 202 siguiente, la segunda superficie cóncava 17 de una segunda placa 22 se pone en contacto con la composición depresora del punto de fusión 20 en los puntos de contacto 23 en la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21. Al apilar la primera y segunda placas se crea un paquete de placas 3. Esto puede hacerse manual o automáticamente mediante el empleo de sistemas de fabricación automatizados convencionales. Por
10 supuesto, la composición depresora del punto de fusión 20 se puede aplicar sobre la segunda superficie cóncava 17 de las segundas placas 22 también.

15 El fósforo puede originarse a partir de cualquiera de fósforo elemental y fósforo de un compuesto de fósforo seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: fosfuro de manganeso, fosfuro de hierro y fosfuro de níquel. El silicio puede proceder de cualquiera de silicio elemental y silicio de un compuesto de silicio seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de silicio, boruro de silicio y ferrosilicio.

20 El componente depresor del punto de fusión puede comprender cualquiera de al menos el 25 % en peso, al menos el 35 % en peso y al menos el 55 % en peso de fósforo y silicio. Esto significa que si hay cualquier metal de carga presente, el mismo está presente en cantidades de menos del 75 % en peso, menos del 65 % en peso, menos del 45 % en peso, respectivamente.

25 El fósforo puede constituir al menos el 10 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión. Esto significa que, cuando el componente depresor del punto de fusión comprende al menos el 25 % en peso de fósforo y de silicio, entonces el componente depresor del punto de fusión comprende al menos al menos el 2,5 % en peso de fósforo. El silicio puede constituir al menos el 55 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión.

30 El componente depresor del punto de fusión puede comprender menos del 50 % en peso de elementos metálicos, o menos del % 10 en peso de elementos metálicos. Tales elementos metálicos corresponden a la "carga de metal" que se ha descrito anteriormente. Tales pequeñas cantidades de elementos metálicos o metal de carga diferencian la composición depresora del punto de fusión 20 de, por ejemplo, las composiciones de soldadura fuerte conocidas
35 puesto que comprenden al menos el 60 % en peso de elementos metálicos. Aquí, "elementos metálicos" incluyen, por ejemplo, todos los metales de transición, que son los elementos en el bloque d de la tabla periódica, que incluye los grupos 3 a 12 en la tabla periódica. Esto significa que, por ejemplo, hierro (Fe), níquel (Ni), cobalto (Co), cromo (Cr) y molibdeno (Mo) son "elementos metálicos". Elementos que no son "elementos metálicos" son los gases nobles, los halógenos y los siguientes elementos: boro (B), carbono (C), silicio (Si), nitrógeno (N), fósforo (P), arsénico (As), oxígeno (O), azufre (S), selenio (Se) y telurio (Tu). Cabe señalar que, por ejemplo, si el fósforo proviene del compuesto de fosfuro de manganeso, entonces, la parte de manganeso de este compuesto es un elemento metálico
40 que se incluye en los elementos metálicos que, en una realización deben ser inferiores al 50 % en peso y, en la otra realización, inferiores al 10 % en peso.

45 Las placas 2 pueden tener un espesor de 0,3-0,6 mm y la aplicación 201 de la composición depresora del punto de fusión 20 puede comprender después la aplicación de una media de 0,02-1,00 mg de fósforo y silicio por mm² sobre la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21. La aplicación de una media de 0,02-1,00 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de la primera superficie convexa 16 incluye cualquier aplicación indirecta a través de, por ejemplo, la segunda superficie cóncava 17, por ejemplo, fósforo y silicio que se transfieren de la segunda placa 22 a la primera placa 21. De este modo, el fósforo y silicio referidos en la presente memoria no se tienen que aplicar necesariamente directamente sobre la primera placa 21, siempre que sigan contribuyendo a la fusión de la capa
50 superficial de la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21.

55 Las placas 2 pueden tener un espesor de 0,6-1,0 mm y la aplicación de la composición depresora del punto de fusión 20 puede después comprender aplicar una media de 0,02-1,0 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de las placas 2.

Las placas 2 pueden tener un espesor de más de 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora del punto de fusión puede comprender después la aplicación de una media de 0,02-5,0 mg de fósforo y silicio por mm² en la superficie de las placas 2.

60 La composición depresora del punto de fusión puede aplicarse sobre una superficie que tiene un área que es mayor que un área definida por los puntos de contacto 23, de manera que el metal en la capa de metal fundido fluye al punto de contacto cuando se permite la formación de la junta. Tal flujo se causa normalmente por la acción capilar.

65 El área de la superficie del componente de fusión puede ser al menos 3 veces mayor que el área definida por los puntos de contacto 23. El área de la superficie puede ser incluso más grande (o el punto de contacto relativamente más pequeño), tal como al menos 10, 20 o 30 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El

área de la superficie se refiere al área de la superficie desde donde el metal fundido fluye para formar la junta. Por supuesto, la composición depresora del punto de fusión se puede aplicar sobre la totalidad de la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21.

- 5 El área de la superficie puede ser de al menos 3 o al menos 10 veces más grande que un área de sección transversal de la junta. El área de la superficie puede ser incluso más grande (o el área de sección transversal de la junta relativamente más pequeña), como tal es al menos 6 o 10 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área en sección transversal de la junta se puede definir como el área de sección transversal que la junta tiene a través de un plano que es paralelo a la superficie donde se encuentra el punto de contacto, en un lugar donde la junta tiene su extensión más pequeña (área en sección transversal).

Las primeras placas 2 pueden comprender cualquiera de:

- 15 i) >50 % en peso de Fe, <13 % en peso de Cr, <1 % en peso de Mo, <1 % en peso de Ni y <3 % en peso de Mn;
 ii) >90 % en peso de Fe;
 iii) >65 % en peso de Fe y >13% en peso de Cr;
 iv) >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso % de Cr y >6 en peso de Ni;
 v) >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso de Cr, 1-10 % en peso de Mo y >8 % en peso de Ni;
 20 vi) >97 % en peso de Ni;
 vii) >10 % en peso de Cr y >60 % en peso de Ni;
 viii) >15 % en peso de Cr, >10 % en peso de Mo y >50 % en peso de Ni;
 ix) >70 % en peso de Co; y
 x) >10 % en peso de Fe, 0,1-30 % en peso de Mo, 0,1-30 % en peso de Ni y >50 % en peso de Co.

- 25 Lo anterior significa que las placas 2 se pueden fabricar a partir de un gran número de diferentes aleaciones. Obviamente, los ejemplos anteriores están equilibrados con otros metales o elementos, que son comunes dentro de la industria.

- 30 En una etapa 203 siguiente, el paquete de placas 3 se calienta a una temperatura que está por encima de 1.000 °C. La temperatura exacta se puede encontrar en los siguientes ejemplos. Durante el calentamiento, la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21 se funde y forma una capa superficial 24 y, junto con el componente depresor del punto de fusión, forma una capa de metal fundido 25 que está en contacto con la segunda superficie cóncava 17 de la segunda placa 22 en los puntos de contacto 23 entre la primera placa 21 y la segunda placa 22. Cuando esto sucede, el metal de la capa de metal fundido fluye hacia el punto de contacto 23.

- 35 En una etapa final 204, capa de metal fundido 25 se deja solidificar, de manera que una junta 26 se obtiene en los puntos de contacto 23 entre las placas en el paquete de placas 3 y de tal manera que los bordes doblados 15 forman un ajuste apretado entre los bordes doblados 15 de las placas 2 en el paquete de placas 3, es decir, el metal que ha volado a los puntos de contacto 23 se solidifica. Mediante la aplicación 201 de la composición depresora del punto de fusión 20 solamente en la superficie convexa 16 de las placas 2, se ha encontrado sorprendentemente que un cambio en la forma de las placas 2 se produce de tal manera que la forma convexa de las placas 2 se vuelve aún más convexa, es decir, los bordes doblados 15 crean un ajuste muy estrecho y ceñido entre sí en el paquete de placas 3, que se hace más estrecho que en el caso con las técnicas de soldadura fuerte actualmente conocidas, en realidad más estrecho que la distancia original entre los bordes doblados 15. En comparación, si se aplica la composición depresora del punto de fusión 20 solo en la superficie cóncava 17 el hueco aumenta entre los bordes doblados 15. El cambio de forma se produce cuando las aleaciones se mezclan con la superficie, que también significa que habrá una tensión de compresión en la superficie debido a la aleación. Si la composición depresora del punto de fusión se aplica tanto en la superficie convexa 16 como en la superficie cóncava 17 no habrán tensiones de compresión presentes en ninguna de las superficies, lo que da como resultado un aumento de la resistencia a la fatiga de las placas 2 y del paquete de placas 3.

- 50 La solidificación incluye normalmente disminuir la temperatura a la temperatura ambiente normal. Sin embargo, la solidificación se produce también durante el proceso físico de la redistribución de los componentes (fósforo y silicio) en el área de la junta, antes de que la temperatura disminuya.

- 55 Dependiendo de la forma de las partes de metal que se van a unir, el área en la que se aplica la composición depresora del punto de fusión puede ser sustancialmente igual al área de una junta que se forma posteriormente.

- 60 A partir de la descripción anterior se deduce que, aunque se han descrito y mostrado diversas realizaciones de la invención, la invención no se limita a las mismas, sino que también se puede realizar de otras maneras dentro del alcance de la materia objeto definida en las siguientes reivindicaciones. Diversas composiciones depresoras del punto de fusión se pueden combinar también con diversos metales para las partes de metal. Por ejemplo, la composición depresora del punto de fusión (mezcla) A3.3 se puede combinar con partes de metal fabricadas de acero 316.

65

Ejemplos

Un número de experimentos y ejemplos se presentan a continuación para describir los materiales adecuados para las placas, la composición de la composición depresora del punto de fusión 23, que cantidades de la composición depresora del punto de fusión se deben utilizar, las temperaturas adecuadas para el calentamiento, durante cuánto tiempo se deberá realizar el calentamiento etc. Por tanto, se utilizan los resultados de estos experimentos y ejemplos para las entidades descritas anteriormente como la primera placa, la segunda placa, la composición depresora del punto de fusión, el punto de contacto, la junta etc., es decir, todas las entidades descritas anteriormente pueden incorporar las características respectivamente relacionadas descritas en relación con los siguientes experimentos y ejemplos. A continuación, la composición depresora del punto de fusión se refiere como una "mezcla". La placa de metal puede denominarse "metal padre".

Un número de composiciones depresoras del punto de fusión adecuadas, es decir, composiciones depresoras de la temperatura del punto de fusión, se han probado. El componente activo en la composición depresora del punto de fusión es el fósforo (P). Los compuestos de fósforo se han seleccionado como una fuente de fósforo. Los compuestos incluyen Fe_3P , NiP y Mn_3P_2 , donde Mn_3P_2 es una mezcla de MNP y Mn_2P . Otros compuestos que incluyen fósforo se pueden utilizar igualmente – solo tienen que verificarse con respecto a su utilidad y en relación con el resultado que proporcionan, de manera similar a como se hace para el para Fe_3P , NiP y Mn_3P_2 y se describe a continuación.

El Fe_3P , también denominado fosfuro de hierro, es un compuesto convencional que se obtuvo de la empresa Alfa Aesar, con un número CAS (Chemical Abstracts Service) 12023-53-9 y número MDL (Molecular Design Limited) MFCD00799762.

El Mn_3P_2 , también denominado fosfuro de manganeso, es un compuesto convencional que se obtuvo de la empresa Alfa Aesar, con un número CAS (Chemical Abstracts Service) 12263-33-1 y número MDL (Molecular Design Limited) MFCD00064736.

El NiP, también denominado fósforo níquel, es un compuesto convencional que se enchapó sobre una parte de metal que se va a unir. La parte de metal que se va a unir se conoce también como metal de base o material de base. El chapado se realizó mediante la realización de un método de chapado de fósforo níquel convencional, como hace, por ejemplo, la empresa Brink Föornicklingsfabriken AB en Norrköping, Suecia.

Para algunos de los ejemplos, Si, o silicio, se utilizó. El silicio es un compuesto convencional que se obtuvo de la empresa Alfa Aesar, conocido como "polvo de silicio, cristalino, -325 malla, 99,5 % (base de metal)", con CAS 7440-21-3 y MDL MFCD00085311.

Cuando se busca en las composiciones atómicas de compuestos, mediante la aplicación de los pesos atómicos y mediante el uso de técnicas de cálculo convencionales se puede determinar que Fe_3P comprende el 16 % en peso de P (fósforo) y Mn_3P_2 comprende el 27 % en peso de P. Cuando se realiza el chapado de níquel, aproximadamente el 11-14 % en peso de P están comprendidos en la capa de NiP.

Un aglutinante se utilizó para aplicar el Fe_3P y el Mn_3P_2 en las partes de metal que se van a unir. El aglutinante (polímero y disolvente) es un aglutinante comercializado por Wall Colmonoy bajo el nombre de Nicorobraz S-20 (S-20). Una muestra del aglutinante se colocó sobre una placa metálica y se secó a 22 °C durante 24 h. El peso de la muestra fue de 0,56 g antes del secado y de 0,02 g después del secado. Por lo tanto, el 3,57 % en peso del aglutinante son componentes que permanecieron después del secado. Se preparó una composición depresora del punto de fusión donde Mn_3P_2 y Si formaron un componente depresor del punto de fusión (componente depresor de temperatura del punto de fusión) y dónde el aglutinante S-20 formaría un componente aglutinante. La preparación se realizó mezclando primero Mn_3P_2 con Si y después añadiendo y mezclando el aglutinante S-20. Dos variantes de la composición depresora del punto de fusión con diferentes cantidades de Si se prepararon, referidas como A1 Mn_3P_2 (A1) y B1 Mn_3P_2 (B1), como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

X:	A1 Mn_3P_2	B1 Mn_3P_2
X:	10,00 g	10,00 g
Si	4,07 g	6,15 g
Suma X y Si	14,07 g	16,15 g
X:Si	2.46 :1	1,63 :1
S-20	16,80 g	15,98 g
Suma total	30,87 g	32,13 g

En la Figura 5 las composiciones A1 y A2 se aplicaron con probetas planas, circulares de acero inoxidable de tipo 316 L (grado de acero SAE) y con un diámetro de 42 mm.

ES 2 654 532 T3

5 En cada pieza de prueba otra pieza de un material diferente, 254 SMO (grado de acero SAE), se colocó. Esta otra pieza se muestra en la Figura. 5 y tiene la forma de una placa circular, prensada 150, que tiene 42 mm de diámetro y un espesor de 0,4 mm. La placa prensada 150 tiene dos vigas prensadas v y h, cada una de aproximadamente 20 mm largo. Cuando la pieza con las vigas se colocó en la pieza plana, se formaron puntos de contacto donde las vigas de la pieza 150 colindaron con la otra pieza plana.

10 Las piezas, es decir, esa pieza circular plana y la placa prensada, se denominan como una muestra, y varias muestras se trataron con calor durante 2 horas al vacío a diferentes temperaturas para cada muestra. La Tabla 2 muestra qué cantidades de composiciones que se utilizaron para las muestras.

15 Para las muestras A1:1 a A1:3 y las muestras B1:1 a B1:3 el tratamiento térmico comprendió mantener las muestras a una temperatura de 1120 °C durante 2 horas al vacío.

15 Para las muestras A1:4 a A1:6 y las muestras B1:4 a B1:6 el tratamiento térmico comprendió mantener las muestras a una temperatura de 1140 °C durante 2 horas al vacío.

20 A1 indica la composición A1 Mn₃P₂, mientras que B2 indica la composición B1 Mn₃P₂. Los números después de A1 respectivamente B2 indican diferentes muestras, tal como se presenta en la Tabla 2. En esta tabla es el peso de la muestra lo que se presenta, que incluye el peso del componente depresor del punto de fusión y el peso del componente de aglutinante seco.

Tabla 2

Muestra	aglutinante seco + componente depresor del punto de fusión (g)
A1:1	0,22
A1:2	0,13
A1:3	0,14
A1:4	0,33
A1:5	0,1
A1:6	0,16
B1:1	0,19
B1:2	0,09
B1:3	0,16
B1:4	0,16
B1:5	0,34
B1:6	0,14

25 Después del tratamiento térmico se permitió que las muestras se enfriaran a una temperatura ambiente (22 °C) y se observó que las dos piezas de la muestra se unieron a lo largo de las longitudes de las vigas de la placa prensada 150, es decir, la muestra tiene juntas a lo largo de las vigas. Las muestras se cortaron a través de las juntas en dos secciones y se midió cada junta en su sección más amplia X, lo que se ilustra en la Figura. 6. Los resultados se presentan en la Tabla 3 y se ilustran en el diagrama de la Figura 7, donde la anchura de la unión se representa como una función de la cantidad aplicada de la composición depresora del punto de fusión.

30

Tabla 3

Muestra	cantidad aplicada (g)	anchura (m)
A1-2	0,13	1640
A1-2	0,13	1610
A1-3	0,14	2070
A1-3	0,14	2240
A1-1	0,22	2961
A1-1	0,22	3050
B1-2	0,09	1240
B1-2	0,09	1220
B1-3	0,16	2010
B1-3	0,16	1600
B1-1	0,19	2170
B1-1	0,19	2290
A1-5	0,1	1831,9
A1-5	0,1	1810,1
A1-6	0,16	2195,01
A1-6	0,16	2202,28
A1-4	0,33	3107,34
A1-4	0,33	2993,13
B1-6	0,14	1470,32

ES 2 654 532 T3

B1-6	0,14	1661,94
B1-4	0,16	1832,65
B1-4	0,16	1810,9
B1-5	0,34	3264,29
B1-5	0,34	3237,96

5 Investigaciones metalúrgicas se realizaron después para las juntas. Esto se hizo mediante el análisis de las secciones transversales de corte de las juntas en un denominado SEM-EDX, que es un microscopio electrónico de barrido convencional y disponible comercialmente con el detector de rayos X. La Figura 8 ilustra las ubicaciones de tres mediciones para la muestra A1-6 y la Tabla 4 muestra los resultados de las mediciones.

Tabla 4

Etiqueta espectral (sustancia química)	Espectro 1	Espectro 2	Espectro 3
C	3,04	2,86	2,95
Si	0,40	2,40	1,52
P	-	1,43	0,76
Cr	16,11	18,00	17,33
Mn	1,50	1,63	1,35
Fe	62,90	50,54	51,15
Ni	13,88	18,00	20,76
Mo	2,17	5,16	4,17
Total	100,00	100,00	100,00

10 Las investigaciones muestran que las juntas comprenden al menos el 90 % en peso de metal que, antes del calentamiento, era parte de cualquiera de la primera parte de metal y la segunda parte de metal, es decir, las piezas de la muestra. Esto se determina fácilmente puesto que Mn y P representan, juntos, menos del 2,2 % en peso.

15 También se hicieron investigaciones similares para la muestra B1-6. La Figura 9 ilustra las ubicaciones de tres mediciones para la muestra B1-6 y la Tabla 5 muestra los resultados de las mediciones.

Tabla 5

Etiqueta espectral (sustancia química)	Espectro 1	Espectro 2	Espectro 3
C	2,87	2,86	2,77
Si	0,43	2,58	0,42
P	0,17	1,76	
Cr	18,75	16,72	16,61
Mn	0,00	2,41	1,46
Fe	50,56	50,18	63,19
Ni	21,70	18,90	13,63
Mo	5,53	4,58	1,91
Total	100,00	100,00	100,00

20 Las investigaciones muestran que las juntas comprenden al menos el 90 % en peso de metal que, antes del calentamiento, era parte de cualquiera de la primera parte de metal y la segunda parte de metal, es decir, las piezas de la muestra. Esto se determina fácilmente puesto que Mn y P representan juntos menos del 4,2 % en peso.

25 En las siguientes piezas de prueba de acero inoxidable tipo 316, referidas como 316, con un diámetro de 42 mm se aplicaron tres composiciones depresoras del punto de fusión diferentes (una composición sobre una pieza respectiva): i) Mn_3P_2 , ii) NiP chapado en 316 y iii) NiP chapado en 316 junto con Si como depresores del punto de fusión. El espesor de NiP chapado fue de 50 μm . 0,15 g de Si se aplicó por pintura convencional. En cada pieza una pieza prensada similar a la de la Figura 5 de tipo 254 SMO se colocó. Las piezas formaron las muestras que se trataron térmicamente durante 2 horas al vacío a 1120 °C. Las juntas se formaron entre las piezas.

30 La Tabla 6 muestra un análisis de una sección transversal de corte de las juntas mediante el uso de SEM-EDX para la muestra con 50 μm de NiP chapado. A partir del resultado, parece que la junta comprende al menos el 20 % en peso de metal que, antes del calentamiento, era parte de cualquiera de la pieza (primera parte de metal) o la segunda pieza (segunda parte de metal). La Figura 10 muestra la ubicación de las mediciones en la junta.

Tabla 6

Etiqueta espectral (sustancia química)	Espectro 10	Espectro 5	Espectro 6	Espectro 7	Espectro 8	Espectro 9
O	0,91	1,48	0,67	1,20	0,99	2,34
Si	0,32	0,26	0,29	-	0,18	-
P	1,07	9,60	0,95	14,41	1,06	10,84

Cr	7,42	8,83	7,64	17,99	7,78	13,27
Mn	-	0,61	-	0,51	-	0,43
Fe	33,22	23,11	33,69	20,17	33,60	23,03
Ni	56,01	54,25	55,61	40,95	55,06	46,83
Mo	1,06	1,86	1,16	4,77	1,33	3,25
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

- 5 La Tabla 7 muestra un análisis de una sección transversal de corte de las juntas mediante el uso de SEM-EDX para la muestra con 5050 μm de NiP chapado donde se ha aplicado una cantidad de 0,15 g de Si (pintado) en la superficie de placa. A partir del resultado, parece que la junta comprende más metal en comparación con la prueba donde no se utilizó Si. Una mayor cantidad de Si aumentaría más probablemente la cantidad de metal en la junta que proviene de las piezas de ensayo. La Figura 11 muestra la ubicación de las mediciones en la junta.

Tabla 7

Etiqueta espectral (sustancia química)	Espectro 11	Espectro 12	Espectro 13
C	7,44	6,41	6,34
O	1,48	1,71	1,06
Si	2,22	1,99	2,43
P	5,76	8,83	0,48
Cr	11,13	12,33	9,47
Mn	0,39	0,51	0,00
Fe	30,33	26,57	38,80
Ni	38,70	38,19	40,10
Mo	2,54	3,46	1,33
Total	100,00	100,00	100,00

- 10 La Tabla 8 muestra un análisis de una sección transversal de corte de las juntas mediante el uso de SEM-EDX para la muestra con Mn_3P_2 . El Mn_3P_2 se ha mezclado al 50 % en peso:50 % en peso con el aglutinante S-20 pero sin utilizar Si. Se aplicó una cantidad de 0,2 g (después del secado del componente aglutinante). A partir del resultado, parece que la junta comprende al menos el 80 % en peso de metal que antes de la unión era parte de los productos que se han unido. La Figura 12 muestra la ubicación de las mediciones del espectro 1 en la junta.

15

Tabla 8

Etiqueta espectral (sustancia química)	Espectro 1	Espectro 2
O	-	2,28
Si	0,29	0,31
P	6,33	7,23
S	-	0,54
Cr	21,70	22,65
Mn	1,08	1,40
Fe	51,93	46,63
Ni	12,02	12,19
Mo	6,65	6,78
Total	100,00	100,00

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un intercambiador de calor de placas unido de forma permanente (1) que comprende una pluralidad de placas de metal de intercambiador de calor (2) que tienen una temperatura de sólido superior a 1000 °C, proporcionadas una junto a la otra y formando un paquete de placas (3) con primeros espacios intermedios entre placas (4) para un primer medio y segundos espacios entre placas (5) para un segundo medio, en donde el primer y el segundo espacios intermedios entre placas (4, 5) se proporcionan en un orden alternante en el paquete de placas (3),
 5 en donde cada placa de intercambiador de calor (2) comprende un área de transferencia de calor (10) y un área de borde (11) que comprende bordes doblados (15) que se extienden alrededor del área de transferencia de calor (10), en donde una primera superficie (16) de las placas (2) forma una forma convexa y una segunda superficie (17) de las placas forma una forma cóncava
 10 en donde el área de transferencia de calor (10) comprende una ondulación de elevaciones (18) y depresiones (19), en donde dicha ondulación de las placas y los bordes doblados (15) se proporciona presionando las placas (2),
 15 **caracterizado por que** el método comprende además las siguientes etapas:
 aplicar (201) una composición depresora del punto de fusión (20) en al menos una parte de la primera superficie convexa (16) de una primera placa (21), comprendiendo la composición depresora del punto de fusión (20)
 20
 - un componente depresor del punto de fusión que comprende al menos el 25 % en peso de fósforo y silicio para disminuir una temperatura de fusión de la primera placa (21), y
 - opcionalmente, un componente aglutinante para facilitar la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) en la primera superficie convexa (16),
 25 poner (202) una segunda superficie cóncava (17) de una segunda placa (22) en contacto con la composición depresora del punto de fusión (20) en dicha primera superficie convexa (16) de la primera placa (21) apilando las placas (21, 22) en un paquete de placas (3), y calentar (203) la primera y la segunda placas (21, 22) a una temperatura superior a 1000 °C, fundiéndose así dicha primera superficie convexa (16) de la primera placa (21) de tal manera que una capa superficial (24) de la primera placa (21) se funde y, junto con el componente depresor del punto de fusión (20), forma una capa de metal fundido (25) que está en contacto con la segunda placa (22) en los puntos de contacto (23) entre la primera placa (21) y la segunda placa (22), y permitiendo que la capa de metal fundido (25) se solidifique y forme una junta (26) en los puntos de contacto (23) entre las placas (2) en el paquete de placas (3) y de tal manera que los bordes doblados (15) forman un ajuste apretado entre los bordes doblados (15) de las placas (2) en el paquete de placas (3), comprendiendo la junta (26) al menos el 50 % en peso de metal que, antes del calentamiento (203) era parte de cualquiera de la primera placa (21) y la segunda placa (22).
 30
 35
 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el fósforo se origina a partir de un compuesto de fósforo seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: Mn_xP_y , Fe_xP_y y Ni_xP_y .
 40
 3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el silicio se origina a partir cualquiera de silicio elemental y silicio de un compuesto de silicio seleccionado de cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de silicio, boruro de silicio y ferrosilicio.
 45
 4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el componente depresor del punto de fusión comprende cualquiera de al menos el 35 % en peso y al menos el 55 % en peso de fósforo y silicio.
 50
 5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el fósforo constituye al menos el 10 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión.
 55
 6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el fósforo constituye al menos el 55 % en peso del contenido de fósforo y silicio del compuesto depresor del punto de fusión.
 7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el componente depresor del punto de fusión comprende menos del 50 % en peso de elementos metálicos.
 8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el componente depresor del punto de fusión comprende menos del 10 % en peso de elementos metálicos.
 60
 9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la primera placa tiene un espesor de 0,3-0,6 mm y la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) comprende la aplicación de una media de 0,02-1,00 mg de fósforo y silicio por mm^2 sobre la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21).
 65
 10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la primera parte de metal

comprende un espesor de 0,6-1,0 mm y la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión () comprende la aplicación de una media de 0,02-2,0 mg de fósforo y silicio por mm² sobre la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21).

- 5 11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) comprende
- 10 - calentar (203) las placas (2) hasta que la composición depresora del punto de fusión se una a la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21), y
- 10 - disminuir la temperatura de las placas (2), antes de que todo el fósforo y el silicio en la composición depresora del punto de fusión (20) hayan formado un compuesto con el metal en la primera placa (21).
12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) se hace antes del prensado de las placas.
- 15 13. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) se hace después del prensado de las placas.
- 20 14. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) se realiza después de apilar las placas en un paquete de placas (3) lavando una suspensión que contiene la composición depresora del punto de fusión a través del paquete de placas.
- 25 15. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) se hace por medio de estampación.
- 30 16. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la aplicación (201) de la composición depresora del punto de fusión (20) se hace por medio de pulverización catódica sobre una bobina que se corta en placas (2).
- 35 17. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en el que la primera superficie (16) tiene un área (A1) que es mayor que un área (A2) definida por los puntos de contacto (23) sobre dicha superficie (16), de manera que el metal en la capa de metal fundido (25) fluye al punto de contacto (23) cuando se permite (204) la formación de la junta (26).
- 40 18. Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el área (A1) de la superficie convexa (16) es al menos 3 veces más grande que el área (A2) definida por el punto de contacto (26).
- 40 19. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 17 o 18, en el que el área (A1) de la superficie (16) es al menos 10 veces más grande que un área de sección transversal (A3) de la junta (26).
- 45 20. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-19, en el que las placas (2) comprenden uno de
- >50 % en peso de Fe, <13 % en peso de Cr, <1 % en peso de Mo, <1 % en peso de Ni y <3 % en peso de Mn;
 - >90 % en peso de Fe;
 - >65 % en peso de Fe y >13 % en peso de Cr;
 - >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso de Cr y >6 % en peso de Ni;
 - >50 % en peso Fe, >15,5 % en peso de Cr, 1-10 % en peso de Mo y >8 % en peso de Ni;
 - >97 % en peso de Ni;
 - >10 % en peso de Cr y >60 % en peso de Ni;
 - >15 % en peso de Cr, >10 % en peso de Mo y >50 % en peso de Ni;
 - >70 % en peso de Co,
 - >80 % en peso de Cu; y
 - >10 % en peso de Fe, 0,1-30 % en peso de Mo, 0,1-30 % en peso de Ni y >50 % en peso de Co.
- 60 21. Un intercambiador de calor de placas unido de forma permanente (1) que se produce por el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-20 y que comprende una pluralidad de placas de metal de intercambiador de calor (2) con una temperatura de solido superior a 1000 °C, proporcionadas una junto a la otra y formando un paquete de placas (3) con primeros espacios intermedios entre placas (4) para un primer medio y segundos espacios intermedios entre placas (5) para un segundo medio, en donde el primer y el segundo espacios intermedios entre placas (4, 5) se proporcionan en un orden alternante en el paquete de placas (3), en donde cada placa de intercambiador de calor (2) comprende un área de transferencia de calor (10) y un área de borde (11) que comprende bordes doblados (15) que se extienden alrededor del área de transferencia de calor (10), en donde una primera superficie (16) de las placas (2) forma una forma convexa y una segunda superficie (17) de
- 65

- las placas forma una forma cóncava
en donde el área de transferencia de calor (10) comprende una ondulación de elevaciones (18) y depresiones (19),
en donde dicha ondulación de las placas y los bordes doblados (15) se proporciona presionando las placas (2), en
donde el intercambiador de calor de placas comprende una primera placa (21) que se une a una segunda placa (22)
por una junta (26) que comprende fósforo y silicio, **caracterizado por que** la junta (26) comprende al menos el 50 %
5 en peso de elementos metálicos que se han extraído de un área (A1) que rodea la junta (26) y era parte de
cualquiera de la primera placa (21) y la segunda placa (22).

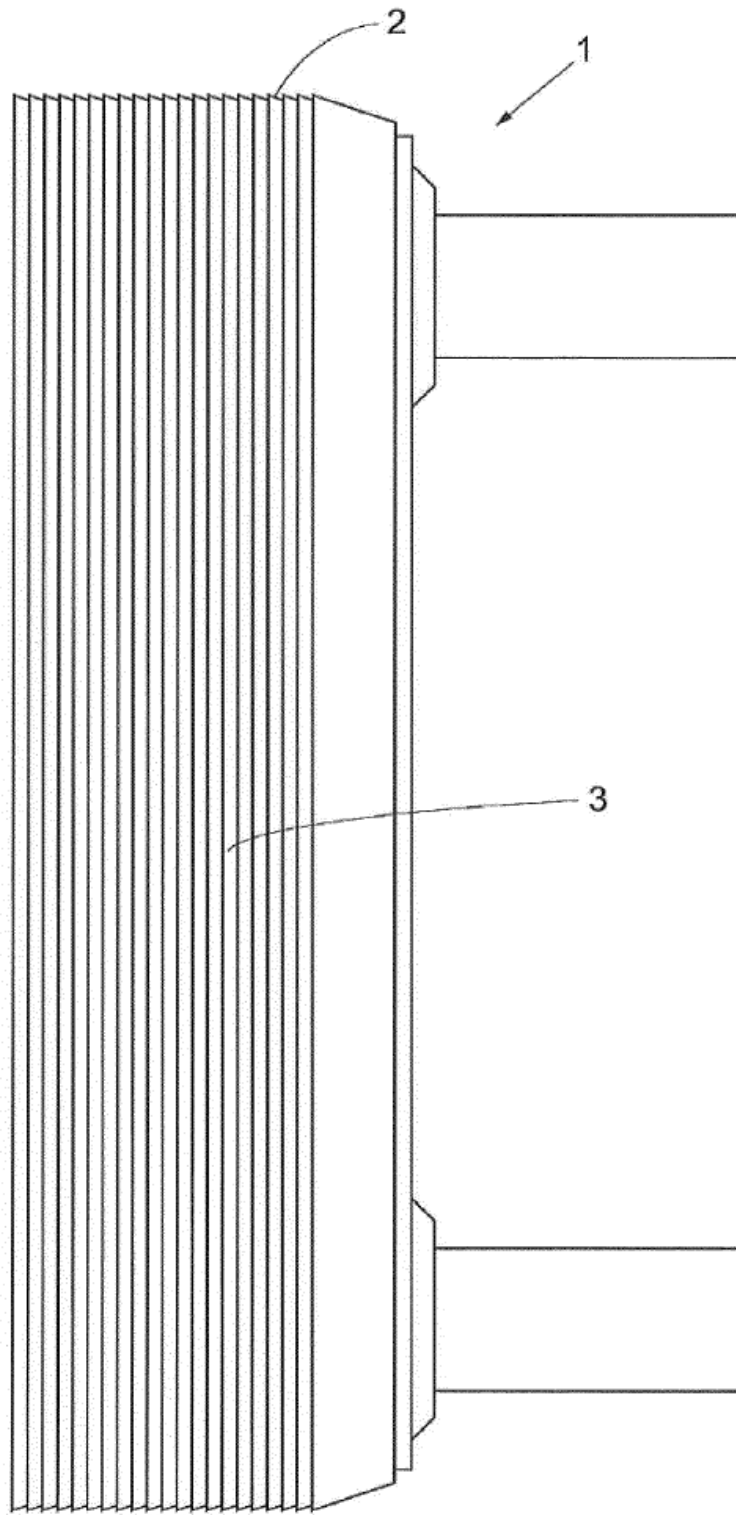


Fig.1

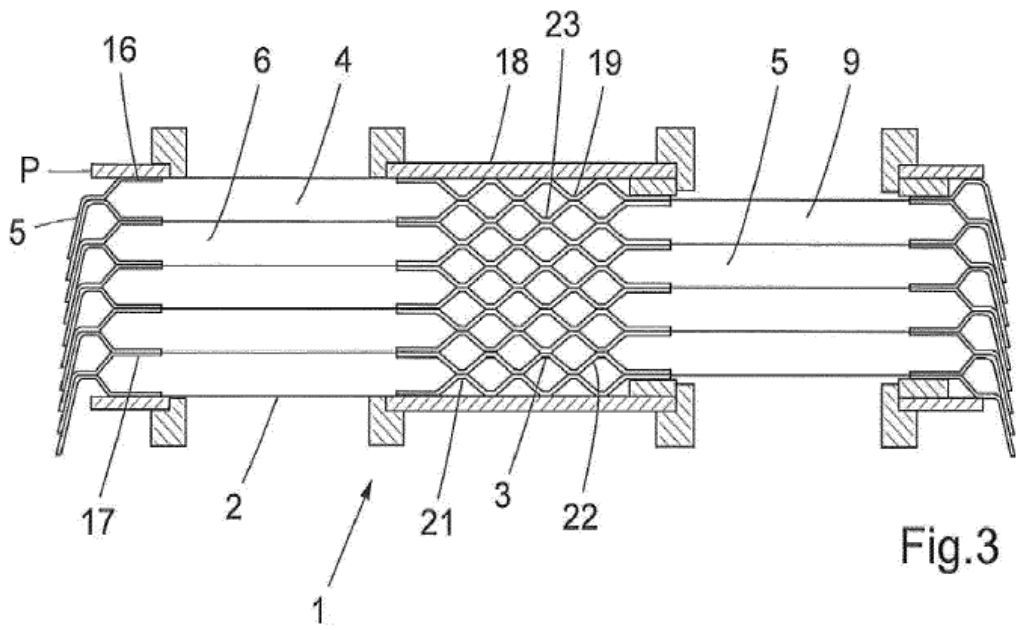


Fig.3

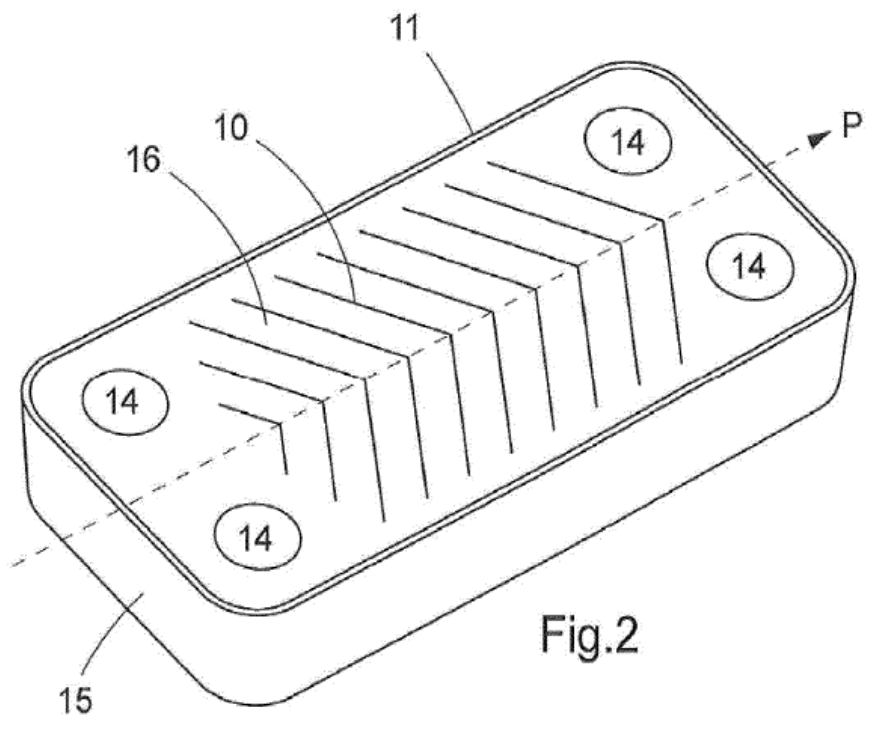


Fig.2

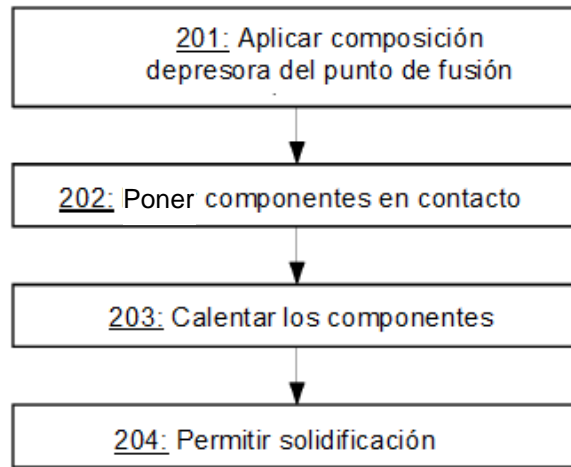


Fig. 4

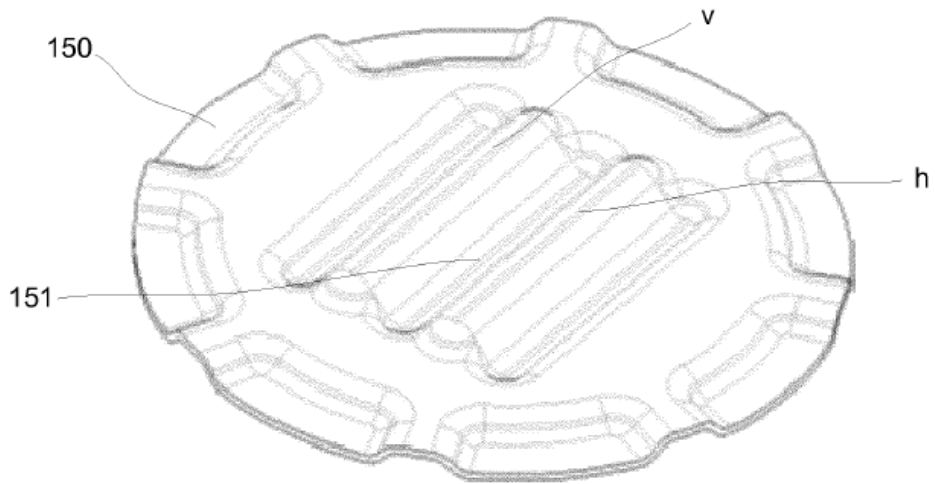


Fig. 5

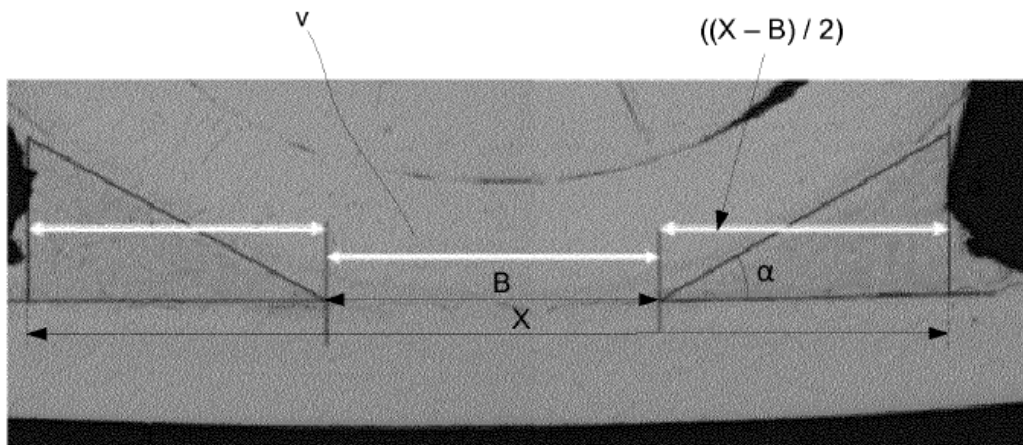


Fig. 6

Anchura (mm)

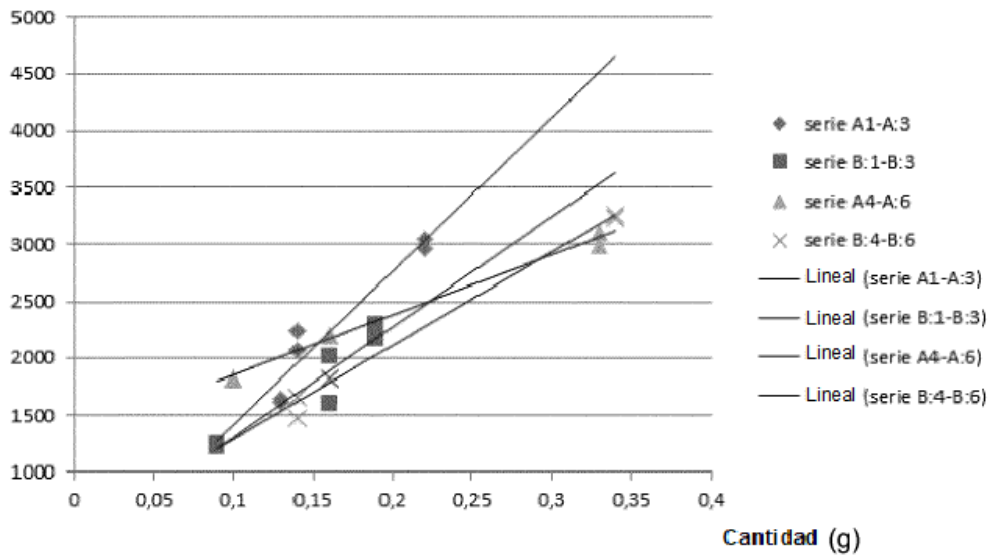


Fig. 7

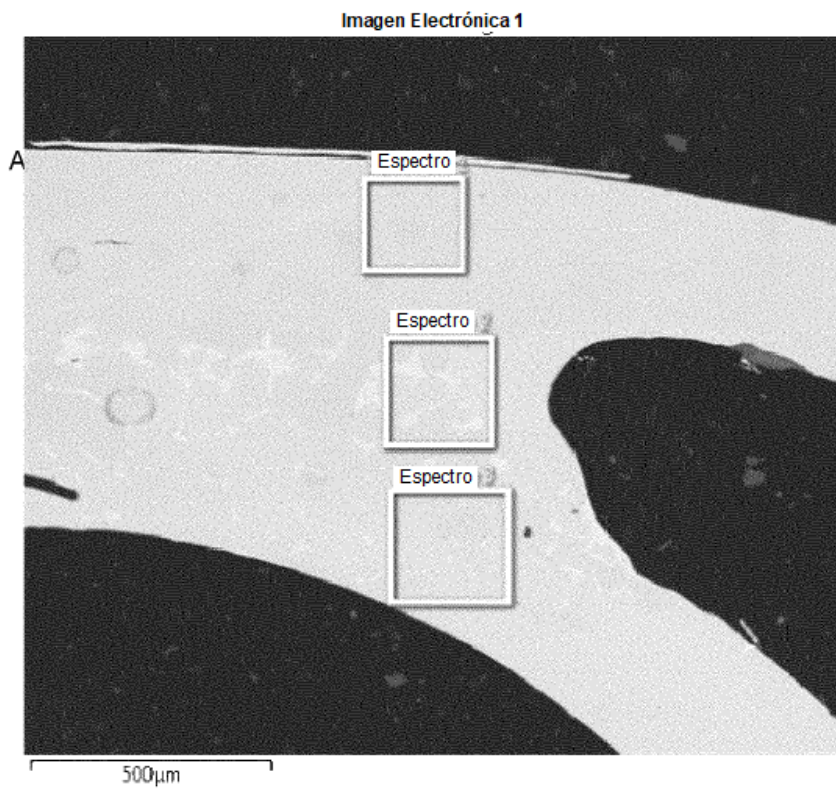


Fig. 8

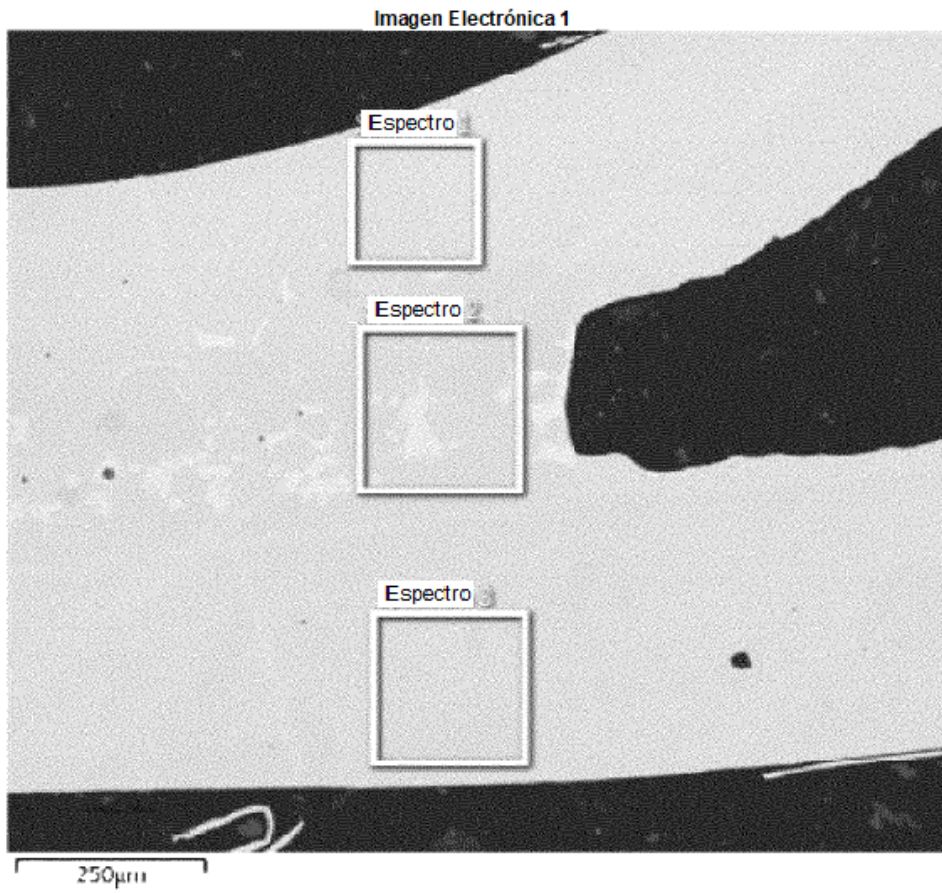


Fig. 9

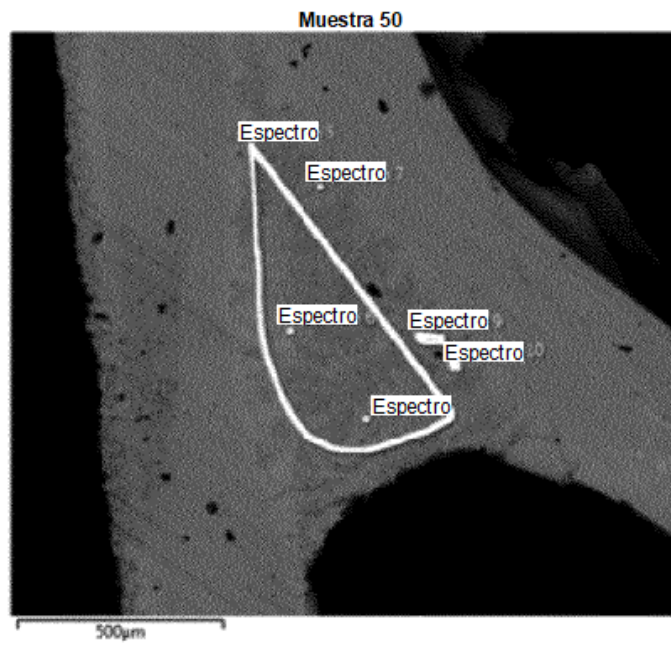


Fig. 10

Imagen Electrónica 4

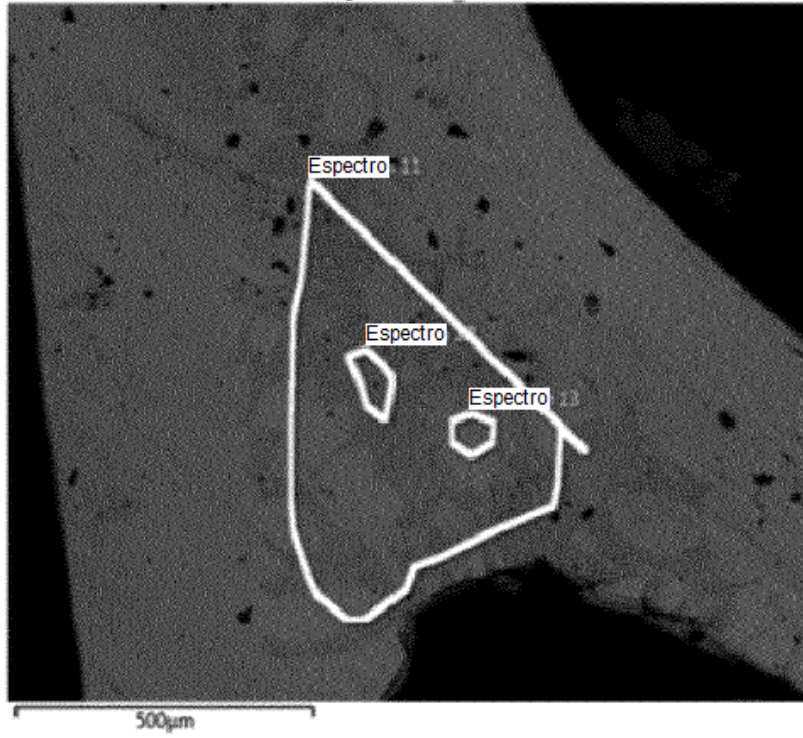


Fig. 11

Imagen Electrónica 1

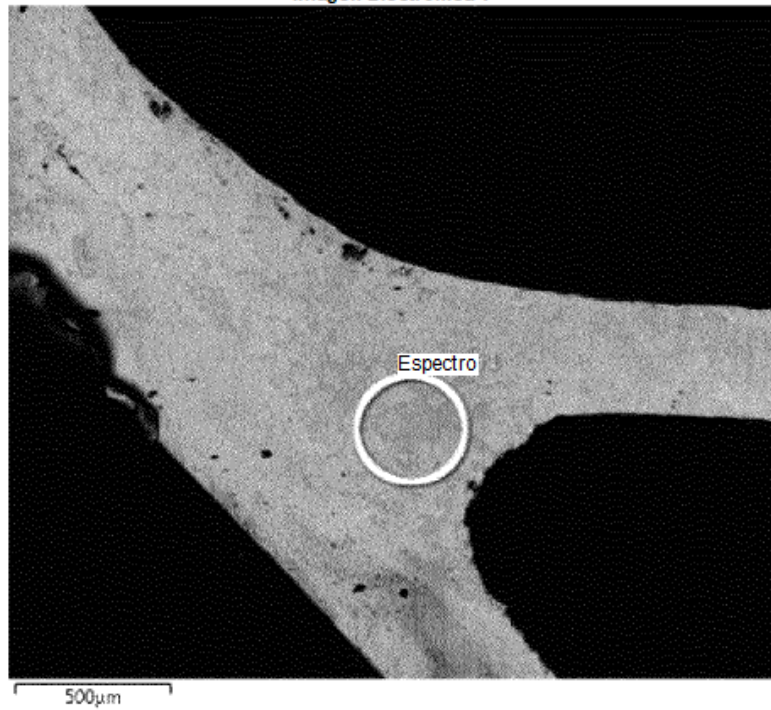


Fig. 12