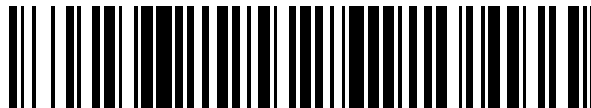


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 278**

51 Int. Cl.:

B23K 35/00 (2006.01)

B23K 35/02 (2006.01)

B23K 35/365 (2006.01)

C22C 19/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2013 PCT/EP2013/056604**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13144251**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013 E 13712300 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2830818**

54 Título: **Intercambiador de calor de placas**

30 Prioridad:

28.03.2012 EP 12161742

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

22.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SJÖDIN, PER y
WALTER, KRISTIAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 755 278 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

Intercambiador de calor de placas

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.

10 **Campo técnico**

Se pueden usar diferentes métodos para unir 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 original se funde con o sin material adicional, es decir, se crea un producto fundido por fusión y re-solidificación.

La soldadura fuerte es un proceso para unir metales sólidos en las proximidades mediante la introducción de un metal líquido que se funde por encima de 450 °C. Una junta soldada con soldadura fuerte resulta generalmente cuando se selecciona una aleación de aporte apropiada, las superficies metálicas base están limpias y permanecen limpias durante el calentamiento a la temperatura de flujo de la aleación de soldadura fuerte, y se usa un diseño de junta adecuado. Durante el proceso, el metal de aporte se funde a una temperatura superior a 450 °C, es decir, se forma una interfaz líquida a una temperatura inferior a la temperatura del líquido del metal original que se va a unir. Para lograr la soldadura fuerte, la interfaz líquida debe tener una buena humectación y flujo.

La soldadura es un proceso en el que dos o más elementos metálicos se unen mediante la fusión y el flujo de un metal de aporte, es decir, un estaño, en la junta, teniendo el estaño un punto de fusión más bajo que la pieza de trabajo. En la soldadura fuerte, el metal de aporte se funde a una temperatura más alta que el estaño, pero el metal de la pieza de trabajo no se funde. Esta distinción entre soldadura y soldadura fuerte se basa en la temperatura de fusión de la aleación de aporte. Una temperatura de 450 °C se usa normalmente como un punto de delineamiento práctico entre la soldadura y la soldadura fuerte.

Por lo general, el procedimiento de soldadura fuerte implica la aplicación de un metal de aporte en contacto con el espacio o la separación entre el metal original que se va a unir. Durante el proceso de calentamiento, el metal de aporte se derrite y llena el espacio que se va a unir. En el procedimiento de soldadura fuerte existen tres fases principales: la primera se llama fase física. La fase física incluye la humectación y el flujo del metal de aporte. La segunda fase normalmente tiene lugar a una temperatura de unión dada. Durante esta etapa hay una interacción sólido-líquido, que se acompaña de una transferencia de masa sustancial. El volumen del material base que se encuentra inmediatamente junto al metal de aporte líquido se disuelve o reacciona con el metal de aporte en esta fase. Al mismo tiempo, una pequeña cantidad de elementos de las fases líquidas penetran en el material base sólido. Esta redistribución de componentes en el área de junta da como resultado cambios en la composición del metal de aporte y, a veces, el inicio de la solidificación del metal de aporte. La última etapa, que se superpone a la segunda, se caracteriza por la formación de la microestructura final de la junta y progresa durante la solidificación y enfriamiento de la junta. Se encuentran ejemplos de técnicas de soldadura fuerte, por ejemplo, en el documento de patente US 2003/200835 A1 y en el documento WO 2008/060225 A1.

Otro método para unir dos partes metálicas (materiales base) es la unión de difusión en fase líquida transitoria (unión TLP) donde la difusión ocurre cuando un elemento depresor del punto de fusión de una capa intermedia se mueve hacia los límites de celosía y grano de las partes metálicas a la temperatura de unión. Los procesos de difusión en estado sólido conducen 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 base. Por tanto, una fina capa de líquido se extiende a lo largo de la interfaz para formar una junta a una temperatura más baja que el punto de fusión de cualquiera de las partes metálicas. Una reducción en la temperatura de unión conduce a la solidificación de la masa fundida, y esta fase se puede difundirse posteriormente a las partes metálicas manteniéndolas a la temperatura de unión durante un período de tiempo.

Los métodos de unión como la soldadura, la soldadura fuerte y la unión TLP unen con éxito partes metálicas. Sin embargo, la soldadura tiene sus limitaciones, puesto que puede ser muy costoso o incluso imposible crear una gran cantidad de juntas cuando son difíciles de acceder. La soldadura fuerte tiene también sus limitaciones, por ejemplo, en que a veces es difícil de aplicar correctamente o incluso determinar el metal de aporte más adecuado. La unión TLP es ventajosa cuando se trata de unir 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 crear una unión en la que se llenen grandes huecos o cuando se forma una unión relativamente grande.

Por lo tanto, intervienen muchos factores al seleccionar un determinado método de unión. Los factores que también son cruciales son el coste, la productividad, la seguridad, la velocidad del proceso y las propiedades de la junta de las propias las partes metálicas, así como las propiedades de las partes metálicas en sí después de la junta. Aunque los

métodos antes mencionados tienen sus ventajas, todavía existe la necesidad de un método de unión para ser utilizado como complemento de los métodos actuales, en particular si se tienen en cuenta factores como el coste, la productividad, la seguridad y la velocidad del proceso.

5 Sumario

El objetivo de la invención es mejorar las técnicas anteriores y la técnica anterior. En particular, un objeto es proporcionar un método para producir un intercambiador de calor de placas unido permanentemente de manera simple y confiable mientras se produce una unión fuerte entre las placas del intercambiador de calor de placa.

Para conseguir estos objetivos, se proporciona un método para producir un intercambiador de calor de placa unido permanentemente que comprende una pluralidad de placas intercambiadoras de calor de metal que tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C. Las placas se proporcionan una al lado de la otra y forman un paquete de placas con los primeros espacios entre placas para un primer medio y los segundos espacios entre placas para un segundo medio, en el que los primeros y segundos espacios entre placas se proporcionan en un orden alternativo en el paquete de placas. Cada placa intercambiadora 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 proporcionan presionando las placas. El método comprende las etapas de:

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

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

poner en contacto una segunda superficie cóncava de una segunda placa con la composición depresora 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 1100 °C, dicha primera superficie convexa de la primera placa fundiéndose de tal manera que una capa superficial de la primera placa se funde y, junto con el componente depresor de fusión, forma una capa de metal fundido que está en contacto con la segunda placa en los puntos de contacto entre la primera placa y la segunda placa, y

permitir que la capa de metal fundido se solidifique, de modo que se obtenga una junta en los puntos de contacto entre las placas en el paquete de placas y que los bordes doblados formen 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, aleaciones metálicas basadas en hierro, níquel y cobalto, puesto que normalmente tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C. Las placas pueden no ser cobre puro, aleaciones basadas en cobre, aluminio puro o aleaciones basadas en aluminio que no tengan una temperatura de solidus superior a 1100 °C. El metal en las placas de metal o incluso la placa de metal en sí puede referirse como el "metal base" o el "material base". En este contexto, una aleación "basada en hierro" es una aleación donde el hierro tiene el mayor porcentaje en peso de todos los elementos en la aleación (% en peso). La situación correspondiente se aplica también a las aleaciones basadas en níquel, cobalto, cromo y aluminio.

Como se ha indicado, la composición depresora de fusión comprende al menos un componente, que es el componente depresor de fusión. Opcionalmente, la composición depresora de fusión comprende un componente aglutinante. Todas las sustancias o partes de la composición depresora de fusión que contribuyen a disminuir la temperatura de fusión de al menos la primera placa se consideran parte del componente depresor de fusión. Las partes de la composición depresora de fusión que no están involucradas en la disminución de la temperatura de fusión de al menos la primera placa, sino que "unen" la composición depresora de fusión, de modo que forma, por ejemplo, una pasta, pintura o suspensión, se considera parte del componente aglutinante. Por supuesto, el componente depresor de fusión puede incluir otros componentes, como pequeñas cantidades de metal de aporte. Sin embargo, dicho metal de aporte no puede representar más del 75 % en peso del componente depresor de fusión, puesto que al menos el 25 % en peso del componente depresor de fusión comprende boro y silicio. Si se incluye un metal de aporte en la composición depresora de fusión, siempre forma parte del componente depresor de fusión.

En este contexto, "boro y silicio" significa la suma de boro y silicio en el componente depresor de fusión, calculado en % en peso. Aquí, % en peso significa el porcentaje en peso que se determina multiplicando la fracción de masa por 100. Como se sabe, la fracción de masa de una sustancia en un componente es la relación entre la concentración de masa de esa sustancia (densidad de esa sustancia en el componente) y la densidad del componente. Por tanto, por ejemplo, al menos el 25 % en peso de boro y silicio significa que el peso total de boro y silicio es de al menos 25 g. en una muestra de 100 g de componente depresor de fusión. Obviamente, si un componente aglutinante está compuesto en la composición depresora de fusión, entonces el % en peso de boro y silicio en la composición depresora de fusión

puede ser inferior al 25 % en peso. Sin embargo, al menos el 25 % en peso de boro y silicio siempre están presentes en el componente depresor de fusión, que, como se indica, también incluye cualquier metal de aporte que pueda incluirse, es decir, el metal de aporte siempre se ve como parte de la composición depresora de fusión.

5 El "boro" incluye todo el boro en el componente depresor de fusión, que incluye boro elemental así como boro en un compuesto de boro. En consecuencia, el "silicio" incluye todo el silicio en el componente depresor de fusión, que incluye silicio elemental así como silicio en un compuesto de silicio. Por lo tanto, tanto el boro como el silicio pueden, en el componente depresor de fusión, estar representados por el boro y el silicio en diversos compuestos de boro y silicio.

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

15 El método es ventajoso porque el metal de aporte puede reducirse o incluso excluirse y porque puede aplicarse para placas de metal que se fabrican de diferentes materiales. Por supuesto, la composición depresora de fusión puede aplicarse también en la segunda placa metálica.

20 El boro puede originarse de cualquiera de boro elemental y boro de un compuesto de boro seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de boro, boruro de silicio, boro de níquel y boruro de hierro. El silicio puede originarse 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.

25 El componente depresor de fusión puede comprender al menos el 40 % en peso de boro y silicio, o incluso puede comprender al menos el 85 % en peso de boro y silicio. Esto significa que si hay algún metal de aporte presente, está presente en cantidades de menos del 60 % en peso, respectivamente, menos del 15 % en peso. El componente depresor de fusión puede comprender incluso al menos el 95 % en peso de boro y silicio.

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

35 El componente depresor 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 al "aporte de metal" descrito anteriormente. Dichas pequeñas cantidades de elementos metálicos o aporte de metal diferencian claramente la composición depresora de fusión de, por ejemplo, las composiciones de soldadura fuerte conocidas, puesto que comprenden al menos el 60 % en peso de elementos metálicos. Aquí, los "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, el hierro (Fe), el níquel (Ni), el cobalto (Co), el cromo (Cr) y el molibdeno (Mo) son "elementos metálicos". Los 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 boro proviene del compuesto níquel boruro, entonces la parte de níquel de este compuesto es un elemento metálico que se incluye en los elementos metálicos que en una realización deben ser inferior al 50 % en peso y en la otra realización es inferior al 10 % en peso.

40 Las placas pueden comprender un espesor de 0,3 - 0,6 mm y la aplicación de la composición depresora de fusión puede comprender entonces aplicar un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro y silicio por mm² en la superficie de la primera parte metálica. La aplicación de un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro 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, boro y silicio que se transfieren desde la segunda placa a la primera placa. Por lo tanto, el boro y el silicio a los que se hace referencia en el presente documento no necesariamente se han aplicado directamente sobre la primera parte metálica, siempre que contribuyan a la fusión de la capa superficial de la primera placa.

55 La primera placa puede comprender un espesor de 0,6 - 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora de fusión puede comprender entonces aplicar un promedio de 0,02 - 1,0 mg de boro 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.

60 La primera placa puede comprender un espesor de más de 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora de fusión puede comprender entonces aplicar un promedio de 0,02 - 5,0 mg de boro y silicio por mm² en la superficie de la primera placa. La aplicación de la composición depresora de fusión se puede hacer antes del prensado de las placas. La aplicación de la composición depresora de fusión puede realizarse alternativamente después del prensado de las placas.

65 La aplicación de la composición depresora de fusión se puede realizar adicionalmente después de apilar las placas en un paquete de placas enjuagando una suspensión que contiene la composición depresora de fusión a través del

paquete de placas.

La aplicación de la composición depresora de fusión se puede realizar mediante serigrafía, o por pulverización catódica sobre una bobina que se corta en placas.

5 La primera superficie puede tener un área que es más grande que un área definida por el punto de contacto en dicha primera parte de superficie, de modo que el metal en la capa de metal fundido fluye hacia el punto de contacto cuando permite que se forme la junta. Tal flujo es normalmente causado por acción capilar.

10 El área de la superficie puede ser al menos 10 veces mayor 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), como al menos 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 fluye el metal fundido para formar la junta.

15 El área de la superficie puede ser al menos 3 veces más grande que un área de la sección transversal de la junta. El área de la superficie puede ser aún más grande (o el área de la sección transversal de la junta relativamente más pequeña), como por ejemplo, al menos 6 o 10 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área de la sección transversal de la junta puede definirse como el área de la 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).

20 La junta puede comprender al menos el 50 % en peso o al menos el 85 % en peso o incluso el 100 % en peso de metal (elemento metálico) que, antes del calentamiento, era parte de cualquiera de la primera parte metálica y la segunda parte metálica. Esto se logra permitiendo que el metal de las partes metálicas fluya hacia el punto de contacto y forme la junta. Una junta que se forma de esta manera es muy diferente de las juntas que se forman mediante la soldadura fuerte, puesto que tales juntas comprenden por lo general al menos el 90 % en peso de metal que, antes de la soldadura fuerte, era parte de un metal de aporte de la sustancia de soldadura fuerte que se utilizó para formar la junta.

25 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;
- iii) >65 % en peso de Fe y >13 % en peso de Cr;
- 30 iv) >50 % en peso de Fe, >15,5 % en peso de Cr y >6 % en peso de Ni;
- v) >50 % en peso de 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;
- viii) >15 % en peso de Cr, >10 % en peso de Mo y >50 % en peso de Ni;
- 35 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.

40 Lo anterior significa que la primera placa, y también la segunda placa, se pueden fabricar de un gran número de aleaciones diferentes. Como se puede ver, hay diez realizaciones diferentes i) a x) de lo que puede comprender la primera parte metálica. Obviamente, los ejemplos anteriores están equilibrados con otros metales o elementos, como es común en la industria.

45 De acuerdo con otro aspecto, se proporciona un intercambiador de calor de placas que comprende una pluralidad de placas intercambiadoras de calor de metal que tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C. Las placas se proporcionan una al lado de la otra y forman un paquete de placas con los primeros espacios entre placas para un primer medio y los segundos espacios entre placas para un segundo medio, en el que los primeros y segundos espacios entre placas se proporcionan en un orden alternativo en el paquete de placas. Cada placa intercambiadora 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 proporcionan presionando las placas. El intercambiador de calor de placas se produce de acuerdo con el método anterior o cualquiera de sus realizaciones.

55 De acuerdo con otro aspecto de la invención, el intercambiador de calor de placas comprende una primera placa que está unida con una segunda placa por una junta, las placas tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C, en el que la junta comprende al menos el 50 % en peso de elementos metálicos que han sido extraído de un área (A1) que rodea la junta y fue parte de cualquiera donde la primera placa y la segunda placa se proporciona.

60 Los diferentes objetivos, características, aspectos y ventajas del método, los productos y la composición depresora de fusión aparecerán en la siguiente descripción detallada, así como en los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

65 A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, haciendo 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,
 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 placas en un intercambiador de calor de placas de
 acuerdo con el método de la invención, la Figura 5 muestra una placa prensada que se utiliza en diversos ejemplos
 que describen cómo se pueden unir dos partes metálicas,
 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 en el que el ancho de la junta medida se representa en función de una cantidad
 aplicada ($g/3500 \text{ mm}^2$) de composición depresora de fusión, incluidas las líneas de tendencia,
 la Figura 8 muestra otro diagrama en el que un área rellena calculada de la junta en función del ancho medido se
 representa como una función de la cantidad aplicada ($g/3500 \text{ mm}^2$) de composición depresora de fusión, incluidas
 las líneas de tendencia,
 la Figura 9 muestra otro diagrama en el que el % de las muestras sometidas a prueba de tracción donde la junta
 fue más fuerte o igual que el material de placa se representa en función de la cantidad aplicada ($g/3500 \text{ mm}^2$) de
 la composición depresora de fusión, incluidas las líneas de tendencia, y
 la Figura 10 muestra una imagen de otras muestras de prueba que se han unido.

Descripción detallada

Con referencia a las Figuras adjuntas, se desvela un intercambiador de calor de placas, véanse las 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 al lado de la otra para formar un paquete de placas 3 con los primeros espacios entre
 placas 4 para un primer medio y los segundos espacios entre placas 5 para un segundo medio. Los primeros espacios
 entre placas 4 y los segundos espacios entre placas 5 se proporcionan en un orden alternativo en el paquete de placas
 3, es decir, cada segundo espacio entre placas es un primer espacio entre placas 4 y cada segundo un segundo
 espacio entre placas 5, véase Figura 3.

El intercambiador de calor de placas 1 desvelado en las Figuras 1-3 tiene placas intercambiadoras de calor 2 que
 están permanentemente unidas entre sí. Las dos placas intercambiadoras de calor más externas pueden formarse o
 reemplazarse por placas finales.

El intercambiador de calor de placas 1 comprende también canales de entrada y salida 6-9, que se disponen para
 transportar el primer medio hacia los primeros espacios entre placas 4 y fuera de los mismos, y para transportar el
 segundo medio hacia los segundos espacios entre placas 5 y fuera de los mismos. Cada placa intercambiadora 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 intercambiadora de calor 1
 comprende también dos áreas de lumbrera 12 y 13, que se proporcionan en un primer extremo 1A de la placa
 intercambiadora de calor 1 y en un segundo extremo 1 B de la placa intercambiadora de calor 1, respectivamente. Las
 áreas de lumbrera 12 y 13 están ubicadas 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 alineados con los respectivos canales de entrada y salida 6-9. Cada placa intercambiadora de calor 1 comprende
 también una brida exterior circundante o un borde doblado 15. El borde doblado o brida 15 se proporciona fuera o
 forma una parte exterior del área del borde 11. Debe observarse que las placas intercambiadoras de calor 2 pueden
 tener también un borde exterior doblado 15 que se extiende a lo largo de una parte de la periferia de la placa
 intercambiadora de calor 1. En consecuencia, las placas 2 tienen cada una primera superficie 16 que tiene una forma
 convexa y una segunda superficie 17 que tiene una forma cóncava.

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 surcos o como hoyuelos.

Las placas 2 se pueden fabricar de, por ejemplo, aleaciones metálicas basadas en hierro, níquel y cobalto, puesto que
 normalmente tienen una temperatura de solidus superior a $1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Las placas no se pueden fabricar de cobre puro,
 aluminio puro o aleaciones basadas en aluminio que no tengan una temperatura de solidus superior a $1100 \text{ }^\circ\text{C}$. Por
 ejemplo, las placas se pueden fabricar normalmente de aleaciones basadas en hierro, níquel y cobalto.

El metal en las placas 2 o incluso las placas 2 en sí puede referirse como "metal base" o "material base". En este
 contexto, una aleación "basada en hierro" es una aleación donde el hierro tiene el mayor porcentaje en peso de todos
 los elementos en la aleación (% en peso). La situación correspondiente se aplica también, por ejemplo, a las aleaciones
 basadas en níquel, cobre, cobalto, cromo y aluminio. Con referencia a la Figura 4, se ilustra un diagrama de flujo de
 un método para unir 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 un primer etapa 201, se aplica una composición depresora de fusión 20 sobre al menos una parte de la primera
 superficie convexa 16 de las placas. La composición depresora de fusión 20 puede aplicarse solo en una parte de la
 superficie convexa 16 o sustancialmente en toda la superficie convexa 16. En una realización alternativa, la

composición depresora de fusión 20 puede aplicarse también sobre la segunda superficie cóncava 17 de las placas 2, pero después en una cantidad que es menor que la cantidad de composición depresora de fusión aplicada sobre la primera superficie convexa 16.

5 La aplicación en sí puede hacerse mediante técnicas convencionales, por ejemplo, mediante pulverización, serigrafía, laminado o pintura en caso de que la composición depresora de fusión comprenda un componente aglutinante, por PVD o CVD o con solo depresores del punto de fusión en caso de que no se use un componente aglutinante.

10 La composición depresora de fusión 20 comprende al menos un componente, que es el componente depresor de fusión. Opcionalmente, la composición depresora de fusión comprende un componente aglutinante. Todas las sustancias o partes de la composición depresora de fusión que contribuyen a disminuir una temperatura de fusión de al menos la primera parte metálica se consideran parte del componente depresor de fusión. Las partes de la composición depresora de fusión que no participan en la disminución de la temperatura de fusión de al menos la primera parte metálica, sino que "unen" la composición depresora de fusión, de modo que forma, por ejemplo, una pasta, pintura o suspensión, se considera parte del componente aglutinante. Por supuesto, el componente depresor de fusión puede incluir otros componentes, como pequeñas cantidades de metal de aporte. Sin embargo, dicho metal de aporte no puede representar más del 75 % en peso del componente depresor de fusión, puesto que al menos el 25 % en peso del componente depresor de fusión comprende boro y silicio. Si se incluye un metal de aporte en la composición depresora de fusión, siempre forma parte del componente depresor de fusión.

20 En este contexto, "boro y silicio" significa la suma de boro y silicio en el componente depresor de fusión, calculado en % en peso. Aquí, % en peso significa el porcentaje en peso que se determina multiplicando la fracción de masa por 100, Como se sabe, la fracción de masa de una sustancia en un componente es la relación entre la concentración de masa de esa sustancia (densidad de esa sustancia en el componente) y la densidad del componente. Por tanto, por ejemplo, al menos el 25 % en peso de boro y silicio significa que el peso total de boro y silicio es de al menos 25 g. en una muestra de 100 g de componente depresor de fusión. Obviamente, si un componente aglutinante está compuesto en la composición depresora de fusión, entonces el % en peso de boro y silicio en la composición depresora de fusión puede ser inferior al 25 % en peso. Sin embargo, al menos el 25 % en peso de boro y silicio siempre están presentes en el componente depresor de fusión, que, como se indica, también incluye cualquier metal de aporte que pueda incluirse, es decir, el metal de aporte siempre se ve como parte de la composición depresora de fusión.

30 El "boro" incluye todo el boro en el componente depresor de fusión, que incluye boro elemental así como boro en un compuesto de boro. En consecuencia, el "silicio" incluye todo el silicio en el componente depresor de fusión, que incluye silicio elemental así como silicio en un compuesto de silicio. Por lo tanto, tanto el boro como el silicio pueden, en el componente depresor de fusión, estar representados por el boro y el silicio en diversos compuestos de boro y silicio.

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

45 El método es ventajoso porque el metal de aporte puede reducirse o incluso excluirse y porque puede aplicarse para partes metálicas que se fabrican de diferentes materiales. También se puede usar dentro de una amplia gama de aplicaciones, por ejemplo, para unir placas de transferencia de calor o cualquier objeto metálico adecuado que de otro modo se uniría, por ejemplo, mediante soldadura o soldadura fuerte convencional.

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

50 En una etapa posterior 202, la segunda superficie cóncava 17 de una segunda placa 22 se pone en contacto con la composición depresora 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 se puede hacer de forma manual o automática empleando sistemas de fabricación convencionales y automatizados. Por supuesto, la composición depresora de fusión 20 puede aplicarse también en la segunda superficie cóncava 17 de las segundas placas 22.

55 El boro puede originarse de cualquiera de boro elemental y boro de un compuesto de boro seleccionado de al menos cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de boro, boruro de silicio, boro de níquel y boruro de hierro. El silicio puede originarse 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.

60 El componente depresor de fusión puede comprender al menos el 40 % en peso de boro y silicio, o incluso puede comprender al menos el 85 % en peso de boro y silicio. Esto significa que si hay algún metal de aporte presente, está presente en cantidades de menos del 60 % en peso, respectivamente, menos del 15 % en peso. El componente depresor de fusión puede comprender incluso al menos el 95 % en peso de boro y silicio.

65 El boro puede constituir al menos el 10 % en peso del contenido de boro y silicio del compuesto depresor de fusión. Esto significa que, cuando el componente depresor de fusión comprende al menos el 25 % en peso de boro y silicio,

entonces el componente depresor de fusión comprende al menos al menos el 2,5 % en peso de boro. El silicio puede constituir al menos el 55 % en peso del contenido de boro y silicio del compuesto depresor de fusión.

5 El componente depresor 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 al "aporte de metal" descrito anteriormente. Dichas pequeñas cantidades de elementos metálicos o aporte de metal diferencian la composición depresora de fusión 20 de, por ejemplo, composiciones de soldadura fuerte conocidas, puesto que comprenden al menos el 60 % en peso de elementos metálicos. Aquí, los "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, el hierro (Fe), el níquel (Ni), el cobalto (Co), el cromo (Cr) y el molibdeno (Mo) son "elementos metálicos". Los 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 boro proviene del compuesto níquel boruro, entonces la parte de níquel de este compuesto es un elemento metálico que se incluye en los elementos metálicos que en una realización deben ser inferior al 50 % en peso y en la otra realización es inferior al 10 % en peso.

20 Las placas 2 pueden tener un espesor de 0,3 - 0,6 mm y la aplicación 201 de la composición depresora de fusión 20 puede comprender a continuación aplicar un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro y silicio por mm² en la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21. La aplicación de un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro 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, boro y silicio que se transfieren desde la segunda placa 22 a la primera placa 21. Por lo tanto, el boro y el silicio a los que se hace referencia en el presente documento no necesariamente se han aplicado directamente sobre la primera placa 21, siempre que contribuyan a la fusión de la capa superficial de la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21.

25 Las placas 2 pueden tener un espesor de 0,6 - 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora de fusión 20 puede comprender aplicar a continuación un promedio de 0,02 - 1,0 mg de boro y silicio por mm² en la superficie de las placas 2.

30 Las placas 2 pueden tener un espesor de más de 1,0 mm y la aplicación de la composición depresora de fusión puede comprender aplicar a continuación un promedio de 0,02 - 5,0 mg de boro y silicio por mm² en la superficie de las placas 2.

35 La composición depresora de fusión se puede aplicar sobre una superficie que tiene un área que es mayor que un área definida por los puntos de contacto 23, de modo que el metal en la capa de metal fundido fluya hacia el punto de contacto cuando se permite que se forme la junta. Tal flujo es normalmente causado por acción capilar.

40 El área de la superficie del componente de fusión puede ser al menos 10 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), como al menos 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 fluye el metal fundido para formar la junta. Por supuesto, la composición depresora de fusión se puede aplicar sobre toda la primera superficie convexa 16 de la primera placa 21. El área de la superficie puede ser al menos 3 veces más grande que un área de la sección transversal de la junta. El área de la superficie puede ser aún más grande (o el área de la sección transversal de la junta relativamente más pequeña), como por ejemplo, al menos 6 o 10 veces más grande que el área definida por el punto de contacto. El área de la sección transversal de la junta puede definirse como el área de la 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).

45 Las juntas pueden comprender al menos 50 % en peso o al menos 85 % en peso o incluso 100 % en peso de metal (elemento metálico) que, antes del calentamiento, formaba parte de cualquiera de la primera parte metálica y la segunda parte metálica. Esto se logra permitiendo que el metal de las placas fluya hacia los puntos de contacto 23 y forme la junta. Una junta que se forma de esta manera es muy diferente de las juntas que se forman mediante la soldadura fuerte, puesto que tales juntas comprenden por lo general al menos el 90 % en peso de metal que, antes de la soldadura fuerte, era parte de un metal de aporte de la sustancia de soldadura fuerte que se utilizó para formar la junta.

55 Las primeras placas 2 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;
- iii) >65 % en peso de Fe y >13 % en peso de Cr;
- 60 iv) >50 % en peso de Fe, >15,5 % en peso de Cr y >6 % en peso de Ni;
- v) >50 % en peso de 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;
- viii) >15 % en peso de Cr, >10 % en peso de Mo y >50 % en peso de Ni;
- 65 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.

Lo anterior significa que las placas 2 se pueden fabricar de un gran número de aleaciones diferentes. Obviamente, los ejemplos anteriores están equilibrados con otros metales o elementos, como es común en la industria.

5 En la siguiente etapa 203, el paquete de placas 3 se calienta a una temperatura superior a 1100 °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 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.

10 En una etapa final 204, la capa de metal fundido 25 se deja solidificar, de modo que se obtiene una junta 26 en los puntos de contacto 23 entre las placas en el paquete de placas 3 y de modo que los bordes doblados 15 formen 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. Al aplicar 201 la composición depresora de fusión 20 solo en la superficie convexa 16 de las placas 2, se ha descubierto sorprendentemente que se produce un cambio en la forma de las placas 2 de modo que la forma convexa de las placas 2 se vuelve aún más convexa, es decir, los bordes doblados 15 crean un ajuste muy apretado y ajustado entre sí en el paquete de placas 3, que se vuelve más apretado que en el caso de las técnicas de soldadura fuerte conocidas. En realidad, también más apretado que la distancia original entre los bordes doblados 15. En comparación, si aplica la composición depresora de fusión 20 solo en la superficie cóncava 17, el espacio aumenta entre los bordes doblados 15. El cambio de forma se produce cuando las aleaciones se mezclan con la superficie, lo que también significa que habrá una tensión de compresión en la superficie debido a la aleación. Si la composición depresora de fusión se aplica tanto en la superficie convexa 16 como en la superficie cóncava 17, habrá tensiones de compresión presentes en ambas superficies, lo que dará como resultado un aumento de la resistencia a la fatiga de las placas 2 y del paquete de placas 3.

15 La solidificación incluye normalmente la disminución de la temperatura a la temperatura ambiente normal. Sin embargo, la solidificación ocurre también durante el proceso físico de redistribución de componentes (boro y silicio) en el área de la junta, antes de que disminuya la temperatura.

20 De la descripción anterior se deduce que, aunque se han descrito y mostrado diversas realizaciones de la invención, la invención no está restringida a las mismas, sino que también puede realizarse de otras maneras dentro del alcance del tema definido en las siguientes reivindicaciones. También se pueden combinar diversas composiciones depresoras de fusión con diversos metales para las partes metálicas. Por ejemplo, la composición depresora de fusión (mezcla) A3.3 se puede combinar con partes metálicas fabricadas de acero 316.

Ejemplos

35 A continuación se presentan una serie de experimentos y ejemplos para describir los materiales adecuados para las placas, la composición de la composición depresora de fusión 23, qué cantidades de composición depresora de fusión se deben usar, las temperaturas adecuadas para el calentamiento, durante cuánto tiempo se realizará el calentamiento, etc. Por lo tanto, los resultados de estos experimentos y ejemplos se utilizan para entidades descritas previamente como la primera placa, la segunda placa, la composición depresora de fusión, el punto de contacto, la junta, etc., es decir, todas las entidades descritas anteriormente pueden incorporar las características relacionadas respectivamente descritas en relación con los experimentos y ejemplos siguientes. A continuación, la composición depresora de fusión se denomina "mezcla". La placa de metal puede denominarse "metal base".

40 La Figura 5 muestra una placa 150 que se usa para ejemplificar cómo se pueden unir dos partes metálicas. La placa 150 es una placa circular, prensada, que tiene 42 mm de diámetro, tiene un espesor de 0,4 mm y se fabrica de acero inoxidable tipo 316L (grado de acero SAE). La placa prensada 150 tiene dos vigas prensadas v y h, cada una de aproximadamente 20 mm de largo. La viga v representa la viga izquierda y la viga h representa la viga derecha. La "v" y la "h" se usan en los ejemplos 5 y 9 a continuación.

50 La Figura 6 muestra una sección transversal de una junta entre una placa 150 del tipo mostrado en la Figura 5 y una placa plana. En el punto de contacto entre las vigas de la placa 150 y la placa plana se crea una junta. Para estimar la cantidad de metal que forma la junta, se han realizado las siguientes aproximaciones y cálculos.

55 Se ha estimado que el volumen en el centro de la junta es insignificante. Por lo tanto, el volumen de metal creado para las juntas en un ancho como el ancho B (en el ejemplo 1,21 mm o menos), se establece en cero. En los lados exteriores de la viga v, que tiene una distancia de $(X - B)/2$, se ha acumulado metal. Cuando se aplica la mezcla (composición depresora de fusión) sobre la placa plana, las placas se mantienen juntas y las capas superficiales calientes de las placas se funden y el metal en forma fundida se transporta por acción capilar al área de la junta desde las áreas vecinas, formando así volúmenes de metal que constituyen la junta.

60 Es posible calcular un área estimando que dos triángulos se forman a cada lado del centro de la junta. El ángulo a en el triángulo se mide a 28°. El ancho total medido es X y el ancho central es B. El área total A de los dos triángulos es, por tanto, $A = 2 \cdot (((X - B)/2) \cdot ((X - B)/2) \cdot \tan(a))/2$. Al medir B a 1,21 mm, entonces $A = 2 \cdot (((X - 1,21)/2) \cdot ((X - 1,21)/2) \cdot \tan(28))/2$. El volumen total creado de aleación de soldadura fuerte, que ha volado a las grietas para formar la junta, sería el área multiplicada por la longitud de las dos vigas v, h. Parte de la aleación de soldadura fuerte formada no fluye a las grietas y se deja en la superficie donde se ha aplicado la mezcla.

La Figura 7 es un diagrama que muestra el ancho medido en función de la cantidad aplicada de diferentes realizaciones de la mezcla (g/3500 mm², es decir, gramo por 3500 mm cuadrados) con líneas de tendencia. Los resultados de las pruebas se muestran en las tablas 8 y 9 (véase el ejemplo 5 a continuación) y en la Figura 7. Las líneas de tendencia de la Figura 3 son bases de la función $Y = K \cdot X + L$, donde Y es el área, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad de mezcla aplicada y L es una constante. Los resultados de los anchos medidos y las áreas estimadas se ilustran mediante

La Figura 7. Las cantidades aplicadas de mezcla, véase tablas 8 y 9, fueron de 0,06 g/3500 mm² hasta 0,96 gramos/3500 mm², que corresponden a aproximadamente 0,017 mg/mm² hasta 0,274 mg/mm².

Se midió la línea de tendencia $Y = K \cdot X + L$ para la mezcla, donde Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de la mezcla y L es una constante, véase superficie 15 3 de la Figura. Por lo tanto, el ancho de la junta de soldadura es:

$$Y \text{ (ancho para A3.3)} = 1,554 + 9,922 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla A3.3})$$

$$Y \text{ (ancho para B2)} = 0,626 + 10,807 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla B2})$$

$$Y \text{ (ancho para C1)} = 0,537 + 8,342 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla C1})$$

$$Y \text{ (ancho para F0)} = 0,632 + 7,456 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla F0})$$

Como se observa en la Figura 7, las mezclas A3.3 de las mezclas A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3 y F0 dan la mayor cantidad de aleación de soldadura fuerte en la junta en función de la cantidad aplicada de la mezcla. La muestra F0 no dio ninguna junta sustancial por debajo de 0,20 gramos por 3500 mm².

La Figura 8 muestra otro diagrama en el que el área rellena calculada de la junta de soldadura fuerte basada en el ancho medido es una función de cantidad aplicada (gramos/3500 mm²) con líneas de tendencia. Se midió la línea de tendencia $Y = K \cdot X - L$ para la mezcla, donde Y es el área, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de la mezcla y L es una constante, véase Figura 8. Para la Figura 7, el área de la junta de soldadura es:

$$Y \text{ (área para A3.3)} = 4,361 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla A3.3}) - 0,161$$

$$Y \text{ (área para B2)} = 3,372 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla B2}) - 0,318$$

$$Y \text{ (área para C1)} = 2,549 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla C1}) - 0,321$$

$$Y \text{ (área para F0)} = 0,569 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla F0}) - 0,093$$

Una estimación del volumen creado basado en el diagrama de la Figura 8 para, por ejemplo, una cantidad de 0,18 gramos por 3500 mm², excluyendo la muestra F0, debido a las "no" juntas de soldadura fuerte y la muestra D0.5 debido a datos demasiado pequeños, da un valor para las muestras para el volumen creado de aleación de soldadura en la junta entre las placas, véase lo siguiente:

$$\text{Volumen (A3.3)} = 0,63 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 25,2 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen (B2)} = 0,30 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 12,0 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen (C1)} = 0,12 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 4,8 \text{ mm}^3$$

$$\text{Volumen (E0.3)} = 0,10 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 4,0 \text{ mm}^3$$

La Figura 9 muestra otro diagrama en el que el % (porcentaje) es la tasa de éxito de los experimentos de tracción donde la junta era más fuerte o igual que el material de la placa en función de la cantidad de mezcla aplicada, es decir, gramo por 3500 mm². Cuando la placa fue más fuerte que la junta, lo que resultaba en una división de la junta, el resultado se estableció en cero. Para las muestras en las que las juntas fueron más fuertes que el material de placa, la diferencia en los resultados no fue estadísticamente significativa.

La Figura 10 muestra otra muestra de unión formando juntas por medio de una mezcla. La imagen muestra que hay una junta formada entre las dos placas. La muestra es del ejemplo 10,

En los siguientes ejemplos se presentan más detalles para ilustrar la invención.

Las pruebas en estos ejemplos se hicieron para investigar si el silicio, Si, era capaz de crear una "aleación de soldadura fuerte" cuando el silicio se aplicó en la superficie de una muestra de prueba de metal base (es decir, en una parte de

metal). Además, se agregaron diferentes cantidades de boro, B, para disminuir el punto de fusión de la aleación de soldadura fuerte. El boro se usó también para cambiar el comportamiento de humectación de la aleación de soldadura fuerte. Las propiedades de las mezclas probadas también se investigaron. En el Ejemplo, % en peso es el porcentaje en peso y el % atm es porcentaje en átomos. Aquí, la "aleación de soldadura fuerte" se conoce como la aleación formada cuando el silicio y el boro hacen que una parte o una capa del metal base (parte metálica) se derrita. La "aleación de soldadura fuerte" comprende así la mezcla y los elementos metálicos del metal original.

Si nada más se indica, las muestras de prueba del metal base para todas las pruebas se limpiaron con lavavajillas y con acetona antes de que las muestras de las mezclas de silicio y boro se añadieran a las muestras de prueba.

Ejemplo 1

El ejemplo 1 se refiere a la preparación de las muestras de mezclas de silicio y boro que se van a analizar. La muestra de mezcla n.º C1 se preparó mezclando 118,0 gramos de partículas de polvo de silicio cristalino con tamaño de malla 325, 99,5 % (base metálica) 7440-21-3 de Alfa Aesar - Johnsson Matthey Company, con 13,06 gramos de partículas de polvo de boro cristalino con tamaño de malla 325, 98 % (base de metal) 7440-42-8 de Alfa Aesar - Johnsson Matthey Company y 77,0 gramos de aglutinante Nicorobraz S-30 de Wall Colmonoy en un OSO Varimixer de Busch & Holm produciendo 208 gramos de pasta, véase muestra C1. Todas las muestras de prueba se prepararon siguiendo el mismo procedimiento que la muestra de mezcla C1. Las muestras se resumieron en la Tabla 2. La mezcla preparada corresponde a la "composición depresora de fusión" descrita previamente. El boro y el silicio en la mezcla corresponden al "componente depresor de fusión" de la composición depresora de fusión y el aglutinante en la mezcla corresponde al "componente de aglutinante" de la composición depresora de fusión.

Tabla 2

Muestra de Mezcla n.º	Boro [gramos]	Silicio [gramos]	Agglutinante S-30 [gramos]	Peso Total [gramos]
F0	0,00	124,7	73,3	198
E0.3	4,30	123,9	72,1	200
D0.5	6,41	121,2	75,0	203
C1	13,06	118,0	77,0	208
B2	24,88	104,5	72,81	202
A3.3	11,46	22,9	19,3	54,0

Las muestras G15, H100, I66 y J se prepararon de la misma manera que las muestras F0, E0.3, D0.5, C1, B2 y A3.3 con la diferencia de que se usó otro aglutinante. El aglutinante fue aglutinante S-20 de Wall Colmonoy. Estas muestras de prueba se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3

Muestra de Mezcla n.º	Boro [gramos]	Silicio [gramos]	Agglutinante S-20 [gramos]	Peso Total [gramos]
G15	0,37	2,24	3,1	5,7
H100	4,19	0	5,3	9,5
I66	1,80	2,70	5,5	10,0
J	2,03	2,02	5,0	9,0

Para las muestras de mezcla, se han realizado cálculos para mostrar la relación, porcentaje en peso y porcentaje en átomos, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4

Muestra de Mezcla n.º	Relación [en peso:en peso]		Cantidad [% en peso]		Cantidad [% en átomos]	
	Boro	Silicio	Boro	Silicio	Boro	Silicio
F0	0	100	0	100	0	100
E0.3	3	100	3	97	8	92
D0.5	5	100	5	95	12	88
C1	10	100	9	91	21	79
B2	19	100	16	84	33	67
A3.3	33	100	25	75	46	54
G15	17	100	14	86	30	70
H100	100	0	100	0	100	0
I66	66	100	40	60	63	37
J	100	100	50	50	72	28

Aglutinante

Se midió el contenido de aglutinante (polimérico y disolvente) en el aglutinante S-20 y S-30, También el contenido de material "seco" dentro de los geles se probó. Las muestras de aglutinante S-20 y aglutinante S-30 se pesaron y se colocaron después en un horno durante 18 horas a 98 °C. Después de sacar las muestras del horno, se volvieron a pesar y los resultados se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

Aglutinante	Antes [gramos]	Después [gramos]	Proporción polimérica [% en peso]
S-20	199,64	2,88	1,44
S-30	108,38	2,68	2,47

Ejemplo 2

El ejemplo 2 se refiere a pruebas de soldadura fuerte, es decir, pruebas en las que las muestras de mezcla se organizaron en partes metálicas (piezas de prueba o placas de prueba). Las partes metálicas tenían la forma de piezas de prueba circulares que tenían un diámetro de 83 mm y un espesor de 0,8 mm y las partes metálicas estaban hechas de acero inoxidable tipo 316L. Se usaron dos cantidades diferentes de mezcla: 0,2 g y 0,4 g. La mezcla se aplicó sobre la parte metálica. Todas las muestras se soldaron con soldadura fuerte en un horno al vacío convencional a 1210 °C durante 1 hora. Se realizaron pruebas dobles. Es decir, dos cantidades de mezcla, muestras dobles y seis mezclas diferentes, $2 \cdot 2 \cdot 6 = 24$ muestras. Las mezclas probadas son: F0, E0.3, D0.5, C1, B2 y A3.3. Las mezclas se aplicaron en un área circular de la parte metálica, que tenía un diámetro de aproximadamente 10 a 14 mm, es decir, una superficie de 78 a 154 mm². Se aplicaron aproximadamente 1,3 - 5,1 mg de mezcla por mm².

Se observó que el metal de las partes metálicas se había fundido, es decir, se crearon mezclas fundidos. También se observó que las fusiones en algunos aspectos aparecieron como aleación de soldadura fuerte con flujo. Sin medir el tamaño de la humectación, parecía que una mayor cantidad de boro en las mezclas dio como resultado una mejor humectación. Sin embargo, también se observó que, para diversas muestras, todo el espesor de la parte metálica se había derretido de manera que se creó un orificio en el medio de la parte metálica. Para las "muestras de 0,2 gramos", cinco de doce piezas de prueba tenían orificios y, para las "piezas de 0,4 gramos", diez de doce tenían orificios. Otras pruebas han demostrado que, para evitar orificios, puede ser adecuado aplicar un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro y silicio por mm² cuando la parte metálica tiene un espesor de 0,3 - 0,6 mm. Cuando la parte metálica tiene un espesor de 0,6 - 1,0 mm 0,02 - 1,0 mg de boro y silicio por mm² puede ser adecuado. Incluso cantidades más adecuadas pueden determinarse empíricamente.

Ejemplo 3

El ejemplo 3 se refiere a la aplicación de la mezcla en una superficie. En este ejemplo, las placas de prueba (partes metálicas) se prepararon para pruebas de filete, pruebas de corrosión y pruebas de tracción al mismo tiempo. Del ejemplo 2 se concluyó que podría ser un riesgo aplicar las mezclas de silicio y boro en puntos o líneas en placas de paredes finas, ya que esto puede crear orificios en las placas. Por lo tanto, se usaron nuevas muestras de prueba, es decir, placas de prueba, para la aplicación de las diferentes mezclas de Si y B para las pruebas de filete, las pruebas de corrosión y las pruebas de tracción.

Las nuevas muestras de prueba fueron placas realizadas de acero inoxidable tipo 316L. El tamaño de las placas era 100 mm de ancho, de 180 a 200 mm de largo y el espesor fue de 0,4 mm. Todas las placas se limpiaron por lavado en lavavajillas y con acetona antes de la aplicación de las muestras de las mezclas de Si y B. El peso se midió. Sobre cada placa, se enmascaró una parte medida como de 35 mm desde el lado corto.

Se utilizaron las diferentes mezclas de prueba A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3, F0, G15, H100 e I66. Las placas de prueba se pintaron (usando un cepillo convencional) con las mezclas en un área de superficie desenmascarada de la placa, cuya superficie tenía el tamaño de 100 mm x 35 mm. El aglutinante fue S-30, Después de secar durante más de 12 horas a temperatura ambiente, la cinta de máscara se retiró y el peso de la placa se midió para cada placa. El peso presentado en la Tabla 6 a continuación es el peso de la cantidad total de las mezclas sobre el área de 100 mm x 35 mm = 3500 mm² = 35 cm². El ejemplo muestra que la mezcla se aplica fácilmente en superficies metálicas.

Tabla 6

Muestra de Mezcla n.º	Relación B: Si [en peso:en peso]	Peso de la mezcla + aglutinante seco [gramos]	Peso de la mezcla Si + B sin aglutinante [gramos]	Peso de la mezcla por área [mg/cm ²]
A3.3	33: 100	0,0983	0,0959	2,74

(continuación)

Muestra de Mezcla n.º	Relación B: Si [en peso:en peso]	Peso de la mezcla + aglutinante seco [gramos]	Peso de la mezcla Si + B sin aglutinante [gramos]	Peso de la mezcla por área [mg/cm ²]
B2	19: 100	0,0989	0,0965	2,76
C1	10: 100	0,1309	0,1277	3,65
D0.5	5: 100	0,1196	0,1166	3,33
E0.3	3: 100	0,0995	0,0970	2,77
H100	100: 0	0,1100	0,1073	3,07
I66	66: 100	0,0900	0,0878	2,51

Ejemplo 4

5 El ejemplo 4 se refiere a pruebas de curvatura por corrosión. A partir de las placas de prueba, se cortaron rodajas que tenían un ancho de 35 mm, lo que significa que tenían un área de superficie aplicada de 35 mm x 35 mm. Sobre esta superficie se colocó una placa prensada circular (véase Figura 13) cuya placa prensada tenía un tamaño de 42 mm de diámetro y 0,4 mm de espesor fabricada de acero inoxidable tipo 316L. Las muestras de prueba fueron calentadas ("soldadas") 1 hora a 1210 °C. Las placas probadas para las pruebas de corrosión tenían muestras de mezcla aplicadas A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3, H100, I66 y J, véase Tabla 4.

10 Las muestras se analizaron de acuerdo con el método de prueba de corrosión ASTM A262, "Prácticas Estándar Para Detectar La Susceptibilidad Al Ataque Intergranular En Aceros Inoxidables Austeníticos". "Práctica E - Cobre - Sulfato de cobre - Ácido sulfúrico. Prueba para Detectar La Susceptibilidad Al Ataque Intergranular En Aceros Inoxidables Austeníticos" se seleccionó del método de prueba. La razón para seleccionar estas pruebas de corrosión fue que existe el riesgo de que el boro reaccione con el cromo en el acero para crear boruros de cromo, principalmente en los límites del grano, y aumente después el riesgo de ataque de corrosión intergranular, lo que en el estándar es se usó como "práctica", hirviendo ácido sulfúrico al 16 % junto con sulfato de cobre durante 20 horas y después una prueba de curvatura, de acuerdo con el capítulo 30 de la norma.

20 A continuación se analizan los resultados de la prueba de flexión por corrosión y el seccionamiento de las muestras de prueba. Las piezas de prueba se probaron dobladas de acuerdo con el método de prueba de corrosión en el capítulo 30,1 de la norma. Ninguna de las muestras dio indicaciones de ataque intergranular en la investigación ocular de las superficies dobladas. Después de la investigación de ASTM, las muestras de prueba dobladas se cortaron, rectificaron y vigilaron, y la sección transversal se estudió en un microscopio óptico de luz en EDS, es decir, espectroscopía de dispersión de energía. Los resultados se resumieron en la Tabla 7.

Tabla 7

Muestra de Mezcla n.º	Investigación ocular de superficie para grietas de corrosión cuando se dobla de acuerdo con la prueba ASTM	Los resultados de la investigación metalúrgica de las muestras sometidas a prueba de corrosión en sección transversal y las muestras de las pruebas de las pruebas dobladas. Resultados SEM-EDS de fase agrietada
A3.3	Sin grietas	Sin corrosión de capa superficial A de aproximadamente máx. 8 µm con algunas grietas. La fase que se había agrietado tenía un alto contenido de Cr y B, muy probablemente una fase de boruro de cromo.
B2	Sin grietas	Sin corrosión de capa superficial A de aproximadamente máx. 8 µm con algunas grietas. La fase que se había agrietado tenía un alto contenido de Cr y B, muy probablemente una fase de boruro de cromo.
C1	Sin grietas	Sin corrosión o grietas
D0.5	Sin grietas	Sin corrosión o grietas
E0.3	Sin grietas	Sin corrosión de capa superficial A de aproximadamente máx. 60 µm con algunas grietas. La fase que tuvo grietas tenía un alto contenido en Si, generalmente <5 % en peso
H100	Sin grietas	Superficie y junta corroídas
I66	Sin grietas	Sin corrosión de capa superficial A de aproximadamente máx. 12 µm con algunas grietas. La fase que se había agrietado tenía un alto contenido de Cr y B, muy probablemente una fase de boruro de cromo.
J	Sin grietas	Sin corrosión de capa superficial A de aproximadamente máx. 20 µm con algunas grietas. La fase que se había agrietado tenía un alto contenido de Cr y B, muy probablemente una fase de boruro de cromo.

Aparentemente, al agregar altas cantidades de boro, como para la muestra H100, J, I66, se formó una fase frágil en la superficie, muy probablemente una fase de boruro de cromo, que aumentaba con la cantidad de boro. No se observó una fase frágil en la muestra H100, probablemente debido a la corrosión en la superficie. Además, la cantidad de boruros aumentó con la cantidad de boro, lo que significa que debe tenerse en cuenta que las propiedades de corrosión pueden disminuir al agregar grandes cantidades de boro, como en el caso de la muestra H100 que fue atacada en la prueba de corrosión. Este efecto "negativo" con el boro se puede disminuir mediante el uso de metales principales más gruesos y/o tiempos de difusión más largos (tiempo utilizado para permitir que se forme la junta). A continuación, es posible "diluir" boro en el metal base. Se formó también para la cantidad normal de boro, como para A3.3 y B2, una capa superficial frágil más fina. Se observó que para la baja cantidad de boro en las muestras, la muestra E0.3, una capa superficial frágil bastante gruesa, con un alto contenido de silicio generalmente >5 % en peso de silicio, se formó con una característica diferente a la de las superficies frágiles para A3.3, B2, H100, I66 y J. El efecto "negativo" con silicio se puede disminuir mediante el uso de metales principales más gruesos y/o tiempos de difusión más largos. A continuación, es posible "diluir" silicio en el metal base.

Ejemplo 5

El ejemplo 5 se refiere a pruebas de filete de algunas muestras. A partir de las muestras de prueba fabricadas de acuerdo con el Ejemplo 3, se cortaron rodajas de las placas con un ancho de 35 mm, lo que significa una superficie aplicada de 35 mm x 35 mm. Sobre esta superficie se colocó una placa prensada circular, véase Figura 5, 42 mm de diámetro y 0,4 mm de espesor, fabricada de acero inoxidable tipo 316L. La placa prensada tenía dos vigas prensadas, cada una de aproximadamente 20 mm de largo. Las muestras se soldaron con soldadura fuerte aproximadamente una hora a aproximadamente 1200 °C.

Los resultados de la prueba de filete muestran que hubo cantidades de soldadura fuerte en el área de la junta creada entre un área de superficie plana (sobre la que se aplicó la mezcla) y una viga presionada de la muestra de prueba que se muestra en la Figura 5. La cantidad de aleación de soldadura fuerte se calculó mediante una aproximación, véase Figura 6, calculando un área estimando que se forman dos triángulos a cada lado del centro de la junta. En la parte media no hay muchas cantidades pequeñas de "aleación de soldadura fuerte" adicional formada. Los dos triángulos se pueden medir midiendo la altura (h) y la base (b), el área total de los dos triángulos se suma hasta (h) · (b) ya que hay dos triángulos. El problema con estos cálculos es que la altura es difícil de medir. Por lo tanto, se usa la siguiente ecuación para calcular las áreas de los dos triángulos:

$$A = ((X - B) / 2) \cdot ((X - B) / 2) \cdot \tan \alpha$$

A es el área total de los dos triángulos, X es el ancho total de la junta formada, B es la parte de la junta formada donde el volumen de la aleación de soldadura fuerte en el centro de la junta es insignificante. Por tanto, la base de cada triángulo es (X - B)/2. La altura se calcula midiendo el ángulo α , que es el ángulo entre las tangentes de la viga presionada a la base.

Para calcular el volumen de la aleación de soldadura fuerte formada que había volado a las grietas, se midió una longitud de las dos vigas respectivas en contacto con la superficie medida hasta 20 mm. La longitud total de las vigas se multiplicó por el área total.

El área de los dos triángulos es el área estimada tras la soldadura fuerte en las Tablas 8 y 9. El volumen es el volumen de aleación de soldadura fuerte formada sobre una de las vigas. Los resultados de la prueba de filete se muestran en las tablas 8 y 9 en la Figura 7. En la Tabla 8, y en la Tabla 9, v y h representan v = viga izquierda y h = viga derecha.

Tabla 8 (valor medido para la prueba de filete, muestras A3.3 - B2/B4)

Muestra de mezcla n°.	Agglutinante aplicado Si + B [gramos]	Ancho [mm]	Área estimada después de la soldadura fuerte [mm ²]	Volumen [mm ³]
A3.3x-1v	0,06	2,69	0,29	5,8
A3.3x-1h	0,06	2,58	0,25	5,0
A3.3-1v	0,10	2,23	0,14	2,8
A3.3-1 h	0,10	2,31	0,16	3,2
A3.3-2v	0,14	3,38	0,63	12,6
A3.3-2h	0,14	3,19	0,52	10,4
A3.3-3v	0,09	1,92	0,07	1,4
A3.3-3h	0,09	1,85	0,05	1,0
B2X-1v	0,18	2,12	0,11	2,2
B2X-1h	0,18	2,50	0,22	4,4
B2X-2v	0,15	2,31	0,16	3,2

(continuación)

Muestra de mezcla n.º	Aglutinante aplicado Si + B [gramos]	Ancho [mm]	Área estimada después de la soldadura fuerte [mm ²]	Volumen [mm ³]
B2X-2h	0,15	2,31	0,16	3,2
B2-1v	0,10	1,96	0,07	1,4
B2-1h	0,10	1,92	0,07	1,4
B2-2v	0,24	3,23	0,54	10,8
B2-2h	0,24	3,23	0,54	10,8
B2-3v	0,16	2,77	0,32	6,4
B2-3h	0,16	2,69	0,29	5,8
B4v	0,11	1,35	0,00	0
B4h	0,11	1,35	0,00	0

Tabla 9 (valor medido para la prueba de filete para muestras C1 a F0)

Muestra de Mezcla n.º	Aglutinante aplicado Si + B [gramos]	Ancho [mm]	Área estimada después de la soldadura fuerte [mm ²]	Volumen [mm ³]
C1X-1v	0,22	2,50	0,22	4,4
C1X-1h	0,22	2,69	0,29	5,8
C1X-2v	0,33	3,08	0,46	9,2
C1X-2h	0,33	3,27	0,56	11,2
C1-1v	0,13	1,46	0,01	0,2
C1-1h	0,13	1,46	0,01	0,2
C1-2v	0,15	1,96	0,07	1,4
C1-2h	0,15	2,08	0,10	2,0
C1-3v	0,14	1,54	0,01	0,2
C1-3h	0,14	1,62	0,02	0,4
D0.5-1v	0,19	2,54	0,23	4,6
D0.5-1 h	0,19	2,50	0,22	4,4
D0.5-2v	0,12	1,08	0,00	0
D0.5-2h	0,12	1,08	0,00	0
D0.5-3v	0,14	2,04	0,09	1,8
D0.5-3h	0,14	2,04	0,09	1,8
E0.3-1v	0,13	1,15	0,00	0
E0.3-1 h	0,13	1,15	0,00	0
E0.3-2v	0,21	2,31	0,16	3,2
E0.3-2h	0,21	2,31	0,16	3,2
E0.3-3v	0,10	1,35	0,00	0
E0.3-3h	0,10	1,35	0,00	0
F0-1 h	0,45	2,69	0,29	5,8
F0-2v	0,25	1,08	0,00	0
F0-2h	0,25	1,35	0,00	0
F0-3v	0,96	2,96	0,41	8,2
F0-3h	0,96	3,08	0,46	9,2

5 Los resultados de los anchos medidos y las áreas estimadas se presentan en las Tablas 8 y 9 y se ilustran en los diagramas de las Figuras 7. Las cantidades aplicadas, véase las Tablas 8 y 9, fueron de 0,06 gramos/3500 mm² a 0,96 gramos/3500 mm², que corresponde a aproximadamente 0,017 mg/m² a 0,274 mg/mm².

10 Se midieron las líneas de tendencia $Y = K \cdot X + L$ para las mezclas, donde Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de la mezcla y L es una constante, véase Figura 7. Por lo tanto, el ancho de la junta de soldadura es:

$$Y \text{ (ancho para A3.3)} = 1,554 + 9,922 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla A3.3})$$

$$Y \text{ (ancho para B2)} = 0,626 + 10,807 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla B2})$$

$$Y \text{ (ancho para C1)} = 0,537 + 8,342 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla C1})$$

15

ES 2 755 278 T3

$$Y (\text{ancho para F0}) = 0,632 + 7,456 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla F0})$$

5 Como se observa en el diagrama, las mezclas A3.3 de las mezclas A3.3, B2, C1, D0.5, E0.3 y F0 dan la mayor cantidad de aleación de soldadura fuerte en la junta en función de la cantidad aplicada de la mezcla. La muestra F0 no dio ninguna junta sustancial por debajo de 0,20 gramos por 3500 mm².

Se midieron las líneas de tendencia $Y = K \cdot X - L$ para las mezclas, Y es el área, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de la mezcla y L es una constante, véase Figura 8.

10 $Y (\text{área para A3.3}) = 4,361 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla A3.3}) - 0,161$

$$Y (\text{área para B2}) = 3,372 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla B2}) - 0,318$$

15 $Y (\text{área para C1}) = 2,549 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla C1}) - 0,321$

$$Y (\text{área para F0}) = 0,569 \cdot (\text{cantidad aplicada de mezcla F0}) - 0,093$$

20 Una estimación del volumen creado basado en el diagrama de la Figura 8 para, por ejemplo, una cantidad de 0,18 gramos por 3500 mm², excluyendo la muestra F0, debido a las "no" juntas de soldadura fuerte y la muestra D0.5 debido a datos demasiado pequeños, da un valor para las muestras para el volumen creado de aleación de soldadura fuerte en la junta entre las dos vigas, véase a continuación.

$$\text{Volumen (A3.3)} = 0,63 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 25,2 \text{ mm}^3$$

25 $\text{Volumen (B2)} = 0,30 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 12,0 \text{ mm}^3$

$$\text{Volumen (C1)} = 0,12 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 4,8 \text{ mm}^3$$

30 $\text{Volumen (E0.3)} = 0,10 \cdot \text{longitud } 40 (20 \cdot 2) = 4,0 \text{ mm}^3$

Además, se probaron mezclas con una mayor proporción de boro, por ejemplo, muestras G15, H100, I66 y J. Las muestras probadas funcionaron de manera bastante similar a la mezcla A3.3 y B2 con respecto al volumen de aleación de soldadura creado. Sin embargo, la sección transversal metalúrgica de las muestras soldadas mostró que la cantidad de boruros era mayor y para la muestra H100, es decir, boro puro, también se encontraron fases frágiles de alto cromo en la superficie donde se aplicó anteriormente la mezcla. Las fases duras fueron probablemente boruros de cromo, lo que disminuyó el contenido de cromo en el material circundante, disminuyendo la resistencia a la corrosión. Esto puede ser un problema cuando se desea resistencia a la corrosión, pero, no es un problema para entornos no corrosivos. El efecto del boro podría disminuir cambiando el tratamiento de calor y/o mediante el uso de un metal base más grueso que puede "absorber" gran cantidad de boro. Para un material más grueso >1 mm, este efecto en la superficie también será menos severo puesto que la proporción del volumen de la superficie en comparación con el volumen de metal base es mucho menor que para un material fino <1 mm o <0,5 mm. Los boruros de cromo podrían ser una ventaja si se desea una mejor resistencia al desgaste. La investigación metalúrgica también mostró que para la muestra F0, es decir, silicio puro, se encontró una fase gruesa que contiene silicio quebradizo, con un espesor de >50 % del espesor de la placa para algunas áreas de la muestra investigada. La fase similar se encontró en la junta. Se encontraron grietas en esta fase, con una longitud >30 % del espesor de la placa. Tales grietas disminuirán el rendimiento mecánico del producto unido y podría iniciar puntos para corrosión y/o grietas de fatiga. La dureza media medida de la fase fue superior a 400 Hv (Vickers). Es probable que esta fase frágil sea más difícil de disminuir, en comparación con la fase de boruro, que usa metal parental más grueso o un cambio en el tratamiento térmico. Aún para metal base más grueso, este efecto puede ser menos severo.

50 **Ejemplo 6**

El ejemplo 6 se refiere a pruebas de tracción de las juntas. A continuación, las placas de prueba correspondientes a las usadas en el Ejemplo 3 se cortaron en rodajas. El tamaño de las muestras en rodajas fue de aproximadamente 10 mm de ancho, 180 a 200 mm de largo y tiene un espesor de 0,4 mm. El área aplicada para cada corte fue entonces 10 mm por 35 mm = 350 mm². En el área aplicada se colocó una parte más gruesa, 4 mm, de acero inoxidable tipo 316L que cubre 30 mm de la superficie aplicada total de 35 mm. La parte más gruesa se colocó en el extremo de la rodaja dejando 5 mm de superficie aplicada sin cubrir por la placa gruesa. Haciendo esto, una disminución en la resistencia del material de placa debido a la flexión aplicada se detectaría cuando se realiza la prueba de tracción si la junta es más resistente que la placa. La placa más gruesa también fue más ancha que las rebanadas de 10 mm. Todas las muestras de prueba fueron soldadas (calentadas) a aproximadamente 1200 °C durante aproximadamente 1 hora.

65 Después del calentamiento, la parte gruesa se montó en horizontal en una máquina de prueba de tracción. La rodaja se dobló firmemente 90° en una dirección vertical. Las muestras se montaron de manera que podían moverse en una dirección horizontal. Las muestras se cargaron después y la junta soldada fuerte se dividió.

- 5 Cuando la placa fue más fuerte que la junta, de modo que la junta se dividió, el resultado se estableció en cero. Para las muestras en las que las juntas fueron más fuertes que el material de placa, la diferencia en los resultados no fue estadísticamente significativa. Los resultados se muestran como porcentaje (%) de las muestras analizadas en las que la junta era más fuerte o igual que la placa en función de la cantidad aplicada, lo que significa que la junta no se dividió durante la prueba. Los resultados se resumen en la Tabla 10 y el diagrama de la Figura 9.

Tabla 10

Mezcla de Si + B [gramos]	Mezcla A3.3-1 Tasa de éxito [%]	Mezcla B2-1 Tasa de éxito [%]	Mezcla C1-1 Tasa de éxito [%]	Mezcla D0.5-1 Tasa de éxito [%]
0,0600	100			
0,0910	100			
0,0989		83		
0,1092		100		
0,1196				0
0,1309			50	
0,1399	100			
0,1402			50	
0,1428				0
0,1500		100		
0,1548			67	
0,1558		100		
0,1800		100		
0,1850				50
0,2200			100	
0,2417		100		
0,3000	100			
0,3300			100	

10 Ejemplo 7

- 15 Para establecer la relación entre la cantidad de mezcla aplicada y el riesgo de crear orificios a través de las placas, se realizaron nuevas pruebas. Para todas las pruebas se usó la mezcla B2, véase Tabla 6. La mezcla B2 comprende también el aglutinante S-30, Las piezas de prueba que se sometieron a prueba eran circulares teniendo un espesor de 0,8 mm y teniendo un diámetro de 83 mm. El metal base en las placas de prueba fue acero inoxidable tipo 316. Para todas las muestras, se aplicó la mezcla en el centro de la muestra de prueba. El área aplicada fue 28 mm², es decir, un punto circular con un diámetro de 6 mm. Todas las muestras de prueba se pesaron antes y después de la aplicación y, los resultados se resumieron en la Tabla 11. A continuación, las muestras de prueba se colocaron en un

- 20 hornos a temperatura ambiente durante 12 horas. Las muestras se pesaron de nuevo. Todas las muestras de prueba se pusieron en un horno y se calentaron (referido también como "soldadura fuerte") a 1210 °C durante aproximadamente 1 hora. Durante la soldadura fuerte, solo los bordes exteriores de cada muestra estuvieron en contacto con el material de fijación, manteniendo la superficie inferior del centro de la placa sin contacto con ningún material durante la soldadura. La razón para mantener la superficie inferior central de la placa libre de
- 25 contactos es que para poder evitar un colapso o una quemadura si el material central se soporta desde abajo por un material de encuentro.

La cantidad aplicada y los resultados de quemaduras para las muestras de 0,8 mm se resumieron en la Tabla 11.

30

Tabla 11

Muestra n°.	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 húmedo adicional [gramos]	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 húmedo adicional [mg/mm ²]	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 seco adicional [mg/mm ²]	Cantidad calculada de mezcla de Si + B sin aglutinante [mg/mm ²]	Quemadura [1] o [0]
1	0,020	0,714	0,464	0,453	0
2	0,010	0,357	0,232	0,226	0
3	0,040	1,429	0,928	0,905	0
4	0,030	1,0714	0,696	0,679	0
5	0,050	1,786	1,161	1,132	0
6	0,060	2,143	1,393	1,359	0
7	0,070	2,500	1,625	1,585	0

(continuación)

Muestra n°.	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 húmedo adicional [gramos]	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 húmedo adicional [mg/mm ²]	Mezcla de Si + B y aglutinante S-30 seco adicional [mg/mm ²]	Cantidad calculada de mezcla de Si + B sin aglutinante [mg/mm ²]	Quemadura [1] o [0]
8	0,080	2,857	1,857	1,811	0
9	0,090	3,214	2,089	2,037	0
10	0,100	3,571	2,321	2,264	0
11	0,110	3,928	2,554	2,491	1
12	0,120	4,285	2,786	2,717	1
13	0,130	4,642	3,018	2,943	1
14	0,150	5,357	3,482	3,396	1
15	0,170	6,071	3,946	3,849	1
16	0,190	6,786	4,411	4,302	1
17	0,210	7,500	4,875	4,755	1
18	0,230	8,214	5,339	5,207	1
19	0,280	10,000	6,500	6,339	1
20	0,290	10,357	6,732	6,566	1

Las pruebas muestran que existe una quemadura (orificio) entre la muestra 10 y la 11 para una placa que tiene un espesor de 0,8 mm. La muestra 10 tiene una cantidad aplicada de 2,264 mg/mm² de mezcla y la muestra 11 tiene 2,491 mg/mm². Para unir placas con un espesor inferior a 1 mm, existe un riesgo con una cantidad dentro del intervalo de aproximadamente 2,830 mg/mm² hasta aproximadamente 3,114 mg/mm² para quemar a través de las placas, la cantidad en el medio de este intervalo es 2,972 mg/mm². Por lo tanto, para una placa que tiene un espesor inferior a 1 mm una cantidad de menos de 2,9 mg/mm² sería adecuada para evitar la quemadura a través de la placa.

Ejemplo 8

En el Ejemplo 8, una junta de soldadura fuerte entre dos placas intercambiadoras de calor presionadas se realiza de tres maneras diferentes. El espesor de las placas intercambiadoras de calor es de 0,4 mm.

En la primera y en la segunda muestras de prueba, un metal de aporte basado en hierro con una composición cercana al acero inoxidable tipo 316 se usó, Véase documento WO 2002/38327 para el metal de aporte. El metal de aporte tenía una cantidad incrementada de silicio a aproximadamente 10 % en peso, una cantidad de boro a aproximadamente 0,5 % en peso y una cantidad disminuida de Fe de aproximadamente 10,5 % en peso. En la primera muestra de prueba, el metal de aporte se aplicó en líneas y en la segunda muestra de prueba, el metal de aporte se aplicó uniformemente sobre la superficie. En ambos casos, el aporte se aplicó después del prensado.

La muestra de prueba de soldadura fuerte 1 mostró que el metal de aporte aplicado en líneas se introdujo en las juntas de soldadura fuerte. Algunos de los metales de aporte no fluyeron a la junta de soldadura fuerte y, por lo tanto, aumentaron el espesor localmente en la línea aplicada. Para la muestra de prueba 2, el metal de aporte fluyó a las juntas de soldadura, sin embargo, algo del metal de aporte permaneció en la superficie y aumentó el espesor. En las muestras de prueba 1 y 2, la cantidad de metal de aporte corresponde a una cantidad de aproximadamente el 15 % en peso del material de la placa.

En la muestra de prueba 3 se usó la mezcla A3.3, véase Tabla 6. La mezcla se aplicó antes de presionar uniformemente sobre la placa. La mezcla se aplicó en una cantidad que podía crear una junta de soldadura fuerte con tamaños similares como para las muestras 1 y 2.

La muestra de prueba 3 se aplicó con una capa que tenía un espesor que correspondía a un peso de aproximadamente 1,5 % en peso del material de la placa. Al aplicar la mezcla A3.3, se formó una aleación de soldadura fuerte a partir del metal base (parte metálica) y, la aleación de soldadura fuerte formada fluyó hasta las juntas de soldadura fuerte. Por consiguiente, el espesor de la placa disminuyó, ya que no se atrajo más material hacia la junta de soldadura fuerte que la mezcla añadida sobre la superficie.

Ejemplo 9

El ejemplo 9 se refiere a pruebas con diferentes fuentes de boro y silicio. La finalidad era investigar fuentes alternativas de boro y fuentes de silicio. La mezcla B2, véase Tabla 6, fue seleccionada como referencia para las pruebas. Las fuentes alternativas se probaron con respecto a su capacidad para crear una junta. Para cada experimento, tanto la fuente de boro alternativa como una fuente de silicio alternativa se probaron. Cuando se utiliza una fuente alternativa, se supone que la influencia del otro elemento es cero, lo que significa que solo se midió el peso de boro o silicio en el componente alternativo, véase Tabla 12. Para la mezcla de referencia B2, la relación en peso entre silicio y boro es de 10 gramos a 2 gramos, sumando hasta 12 gramos. Cada mezcla incluía aglutinante S-30 y la mezcla se aplicó

sobre una placa de acero de acuerdo con el Ejemplo 1. Todas las muestras se soldaron fuerte en un horno al vacío a 1210 °C durante 1 hora.

Tabla 12

Muestra	Fuente alternativa	Cantidad añadida [Si] [gramo]	Cantidad añadida [B] [gramo]	Cantidad correspondiente [Si] [gramo]	Cantidad correspondiente [B] [gramo]
Si - B	Si - B	10,0	2,0	10,0	2,0
Si - B ₄ C	B ₄ C	10,0	2,6	10,0	2,0
Si-FeB	FeB	10,1	12,5	10,1	2,0
FeSi - B	FeSi	30,2	2,0	10,1	2,0
Si - NiB	NiB	10,1	13,0	10,1	2,0

5 Se midió la línea de tendencia $Y = K \cdot X + L$ para la mezcla B2, Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea para B2, X es la cantidad de mezcla aplicada y L es una constante para la cantidad de mezcla no aplicada B2, véase Figura7. Por tanto, el ancho de la junta de soldadura $Y = 0,626 + 10,807 x$ (cantidad aplicada de mezcla).

10 En la Tabla 13, v y h representan v= viga izquierda y h = viga derecha, como en el Ejemplo 5.

Tabla 13

Muestra	Cantidad aplicada [gramos]	Ancho calculado de la junta Y [mm ²]	Ancho medido de la junta [mm ²]
Si - B ₄ C - v	0,22	3,0	2,69
Si - B ₄ C - h	0,22	3,0	2,88
Si -FeB - v	0,26	3,4	1,73
Si -FeB - h	0,26	3,4	1,73
FeSi-B-v	0,29	3,8	2,1
FeSi - B - h	0,29	3,8	2,1
Si - NiB - v	0,39	4,8	2,69
Si - NiB - h	0,39	4,8	2,88

15 Los resultados en la Tabla 13 muestran que es posible usar B₄C, NiB y FeB como fuente alternativa al boro. Cuando se utilizó NiB, la cantidad creada fue menor que para el boro puro. Sin embargo, NiB podría usarse si se desea un efecto de aleación de Ni.

Ejemplo 10

20 En el Ejemplo 10 se probó un gran número de metales base diferentes, es decir, metales que pueden usarse para las partes metálicas 11 y 12 de la Figura 1. Todas las pruebas, excepto el acero dulce y una aleación de Ni-Cu, se probaron de acuerdo con la "prueba Y" (véase más adelante).

25 Para la prueba Y, se colocaron dos piezas de prueba circulares presionadas con un espesor de aproximadamente 0,8 mm una sobre otra. Cada muestra tenía una viga circular presionada. Las caras superiores de las vigas se colocaron la una hacia la otra creando una grieta circular entre las dos partes. Para cada muestra, la mezcla B2, que en este ejemplo comprende el aglutinante S-20, se aplicó con un pincel. El peso de la cantidad añadida de la mezcla no se midió ya que la aplicación no fue homogénea cuando se aplicó con el pincel de pintura. Una imagen de una de las muestras después de la junta se representa en la Figura 10.

30 Las muestras de acero dulce y las muestras de Ni-Cu se aplicaron de la misma manera, pero para acero dulce de acuerdo con las pruebas realizadas en el ejemplo 5 "prueba de filete" y para la prueba de Ni-Cu con dos piezas de prueba planas. Las muestras, excepto el Ni-Cu, fueron "soldadas con soldadura fuerte" en un horno a aproximadamente 1200 °C, es decir, 1210 °C, durante 1 hora en un horno de atmósfera al vacío. La muestra de Ni-Cu se soldó con soldadura fuerte a aproximadamente 1130 °C durante aproximadamente 1 h en el mismo horno al vacío. Después de "soldar con soldadura fuerte" se formó una junta entre las piezas para todas las pruebas. También se observó un flujo de "aleación de soldadura fuerte" creado (realizado del metal base) a la junta para todas las muestras analizadas. Los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Muestra de metal base n.º	Cr [% en peso]	Fe [% en peso]	Mo [% en peso]	Ni [% en peso]	Cu [% en peso]	Mn [% en peso]	¿Creada junta después de soldadura fuerte?	¿Flujo de aleación de soldadura fuerte después de soldadura fuerte?
1	-	0,3	-	99	-	0,2	Sí	Sí
2	21	0,6	16	62	0,4	-	Sí	Sí
3	22	0,7	16	59	1,6	-	Sí	Sí
4	0,6	1,9	29	68	0,2	-	Sí	Sí
5	21	4,4	13	58	-	-	Sí	Sí
6	19	5,0	9,0	63	0,4	-	Sí	Sí
7	15	5,5	17	60	-	0,3	Sí	Sí
8	1,1	5,6	28	63	0,6	0,4	Sí	Sí
9	19	6,2	2,6	70	1,7	0,4	Sí	Sí
10	33	32	1,7	33	0,4	0,6	Sí	Sí
11	27	33	6,5	32	1,1	1,4	Sí	Sí
12	27	36	3,4	32	1,0	1,4	Sí	Sí
13	24	44	7,2	23	0,3	1,5	Sí	Sí
14	20	48	4,3	25	1,1	1,2	Sí	Sí
15	19	50	6,3	25	0,2	-	Sí	Sí
16	20	54	6,5	19	0,6	0,4	Sí	Sí
17	29	64	2,4	3,5	-	-	Sí	Sí
18	28	66	2,2	3,5	-	-	Sí	Sí
19	0,3	1,1	-	66	31	1,6	Sí	Sí
20	0,17	99,5	-	-	-	0,3	Sí	Sí

Los resultados en la Tabla 14 muestran que las aleaciones de soldadura fuerte se forman entre la mezcla y el metal base para cada muestra 1 a 20. Los resultados también muestran que se crearon juntas para cada muestra probada.

5 Los ejemplos muestran que se necesitaba boro para crear una cantidad sustancial de aleación de soldadura, que podría llenar las juntas y también crear resistencia en las juntas. Los ejemplos mostraron también que se necesitaba boro para la microestructura, ya que se encontró una fase gruesa y frágil para las muestras sin boro.

10 De lo anterior se deduce que el metal original, es decir, las partes metálicas descritas en relación con, por ejemplo, la Figura 1, se pueden fabricar de una aleación que comprende elementos tales como hierro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), cobre (Cu), etc. Algunos ejemplos de aleaciones que se utilizarán para las partes metálicas se encuentran en la lista de la Tabla 15.

15 Tabla 15

Metal base (partes metálicas)	Temperatura de solidificación aproximada [°C]	Temperatura de fusión aproximada [°C]
Níquel 200/201	1435	1445
Nicrofer 5923hMo	1310	1360
Aleación Hastelloy ® C-2000 ®	1328	1358
Hastelloy B3	1370	1418
Aleación C22	1357	1399
Inconel 625	1290	1350
Aleación C 276	1325	1370
Nicrofer 3033	1330	1370
Nicrofer 3127HMo	1350	1370
AL6XN	1320	1400
254SMO	1325	1400
Monel 400	1299	1348
Cu puro	1085	1085
Acero dulce	1505	1535
Acero inoxidable Tipo 316	1390	1440
Acero inoxidable tipo 304	1399	1421

La mezcla, es decir, la composición depresora de fusión, se puede aplicar pintando como se ha descrito anteriormente.

La mezcla también puede aplicarse por medios tales como deposición física de vapor (PVD) o deposición química de vapor (CVD), en cuyo caso la mezcla no necesita incluir un componente aglutinante. Es posible aplicar el silicio en una capa y el boro en una capa, pintando o con PVD o CVD. Aun así, incluso si se aplica en capas, tanto el boro como el silicio se consideran incluidos en la composición depresora de fusión, puesto que interactuarán durante el calentamiento, como si se mezclaran antes de la aplicación.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un intercambiador de calor de placa permanentemente unido (1) que comprende una pluralidad de placas de intercambiadoras de calor de metal (2) que tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C, proporcionadas una al lado de la otra y formando un paquete de placas (3) con primeros espacios entre placas (4) para un primer medio y segundos espacios entre placas (5) para un segundo medio, en donde los primeros y segundos espacios entre placas (4,5) se proporcionan en un orden alternativo en el paquete de placas(3), en donde cada placa intercambiadora 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 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 proporcionan presionando las placas (2), comprendiendo el método aplicar (201) una composición depresora de fusión (20) sobre al menos una parte de la primera superficie convexa (16) de una primera placa (21), comprendiendo la composición depresora de fusión (20)

- un componente depresor de fusión que comprende al menos el 25 % en peso de boro y silicio para disminuir la temperatura de fusión de la primera placa (21), y
- opcionalmente, un componente aglutinante para facilitar la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) en la primera superficie convexa (16),

poner en contacto (202) una segunda superficie cóncava (17) de una segunda placa (22) con la composición depresora 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), calentar (203) las placas primera y segunda (21, 22) a una temperatura superior a 1100 °C, dicha primera superficie convexa (16) de la primera placa (21) se funde de tal manera que una capa superficial (24) de la primera placa (21) se funde y, junto con el componente depresor 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, de modo que se obtenga una junta (26) en los puntos de contacto (23) entre las placas (2) en el paquete de placas (3) y de modo que los bordes doblados (15) forman un ajuste apretado entre los bordes doblados (15) de las placas (2) en el paquete de placas (3).

2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el boro se origina a partir de cualquiera de boro elemental y boro de un compuesto de boro seleccionado de cualquiera de los siguientes compuestos: carburo de boro, boruro de silicio, boruro de níquel y boruro de hierro.

3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el silicio se origina de 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.

4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el componente depresor de fusión comprende

- al menos el 40 % en peso de boro y silicio.

5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el componente depresor de fusión comprende

- al menos el 85 % en peso de boro y silicio.

6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el boro constituye al menos el 10 % en peso del contenido de boro y silicio del compuesto depresor de fusión.

7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el boro constituye al menos el 55 % en peso del contenido de boro y silicio del compuesto depresor de fusión.

8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el componente depresor de fusión comprende

- menos del 50 % en peso de elementos metálicos.

9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el componente depresor de fusión comprende

- menos del 10 % en peso de elementos metálicos.

- 5 10. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la primera placa tiene un espesor de 0,3 - 0,6 mm y la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) comprende aplicar un promedio de 0,02 - 0,12 mg de boro y silicio por mm² en la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21).
- 10 11. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la primera parte metálica comprende un espesor de 0,6 - 1,0 mm y la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) comprende aplicar un promedio de 0,02 - 1,0 mg de boro y silicio por mm² en la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21).
- 15 12. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) comprende
- calentar (203) las placas (2) hasta que la composición depresora de fusión se una a la primera superficie convexa (16) de la primera placa (21), y
 - disminuir la temperatura de las placas (2), antes de que todo el boro y el silicio en la composición depresora de fusión (20) hayan formado un compuesto con el metal en la primera placa (21).
- 20 13. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) se realiza antes del prensado de las placas.
- 25 14. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) se realiza después del prensado de las placas.
- 30 15. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) se realiza después de apilar las placas en un paquete de placas (3) haciendo pasar una suspensión que contiene la composición depresora de fusión a través del paquete de placas
- 35 16. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) se realiza mediante serigrafía.
- 40 17. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la aplicación (201) de la composición depresora de fusión (20) se realiza mediante pulverización catódica sobre una bobina que se corta en placas (2).
- 45 18. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, en el que la primera superficie (16) tiene un área (A1) que es más grande que un área (A2) definida por los puntos de contacto (23) en dicha superficie (16), de tal manera que el metal en la capa de metal fundido (25) fluye hacia el punto de contacto (23) cuando se permite (204) que se forme la junta (26).
- 50 19. Un método de acuerdo con la reivindicación 18, en el que el área (A1) de la superficie convexa (16) es al menos 10 veces mayor que el área (A2) definida por el punto de contacto (26).
- 55 20. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 18 o 19, en el que el área (A1) de la superficie (16) es al menos 3 veces mayor que un área de sección transversal (A3) de la junta (26).
- 60 21. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, en el que la junta (26) comprende al menos un 50 % en peso de metal que, antes del calentamiento (203), era parte de cualquiera de la primera parte metálica (21) y la segunda parte metálica (22).
- 65 22. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 21, en el que las placas (2) comprenden cualquiera 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 de Fe, >15,5 % en peso de Cr y >6 % en peso de Ni,
 - >50 % en peso de 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,
 - >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.
- 70 23. Un intercambiador de calor de placa unido permanentemente (1) que comprende una pluralidad de placas de intercambiador de calor de metal (2) que tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C, provistas una al lado

de la otra y formando un paquete de placas(3) con primeros espacios entre placas (4) para un primer medio y segundos espacios entre placas (5) para un segundo medio, en donde los primeros y segundos espacios entre placas (4,5) se proporcionan en un orden alternativo en el paquete de placas(3),

5 en donde cada placa intercambiadora 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 en donde el área de transferencia de calor (10) comprende una ondulación de elevaciones (18) y depresiones (19),

10 en donde dicha ondulación de las placas y los bordes doblados (15) se proporcionan presionando las placas (2), en donde el intercambiador de calor de placas se produce por el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-22.

15 24. Un intercambiador de calor de placas (1) de acuerdo con la reivindicación 23 que comprende una primera placa (21) que está unida a una segunda placa (22) por una unión (26), las placas (2) tienen una temperatura de solidus superior a 1100 °C, en donde la junta (26) comprende al menos un 50 % en peso de elementos metálicos que se han extraído de un área (A1) que rodea la junta (26) y formaba parte de cualquiera de la primera placa (1) y de la segunda placa (2).

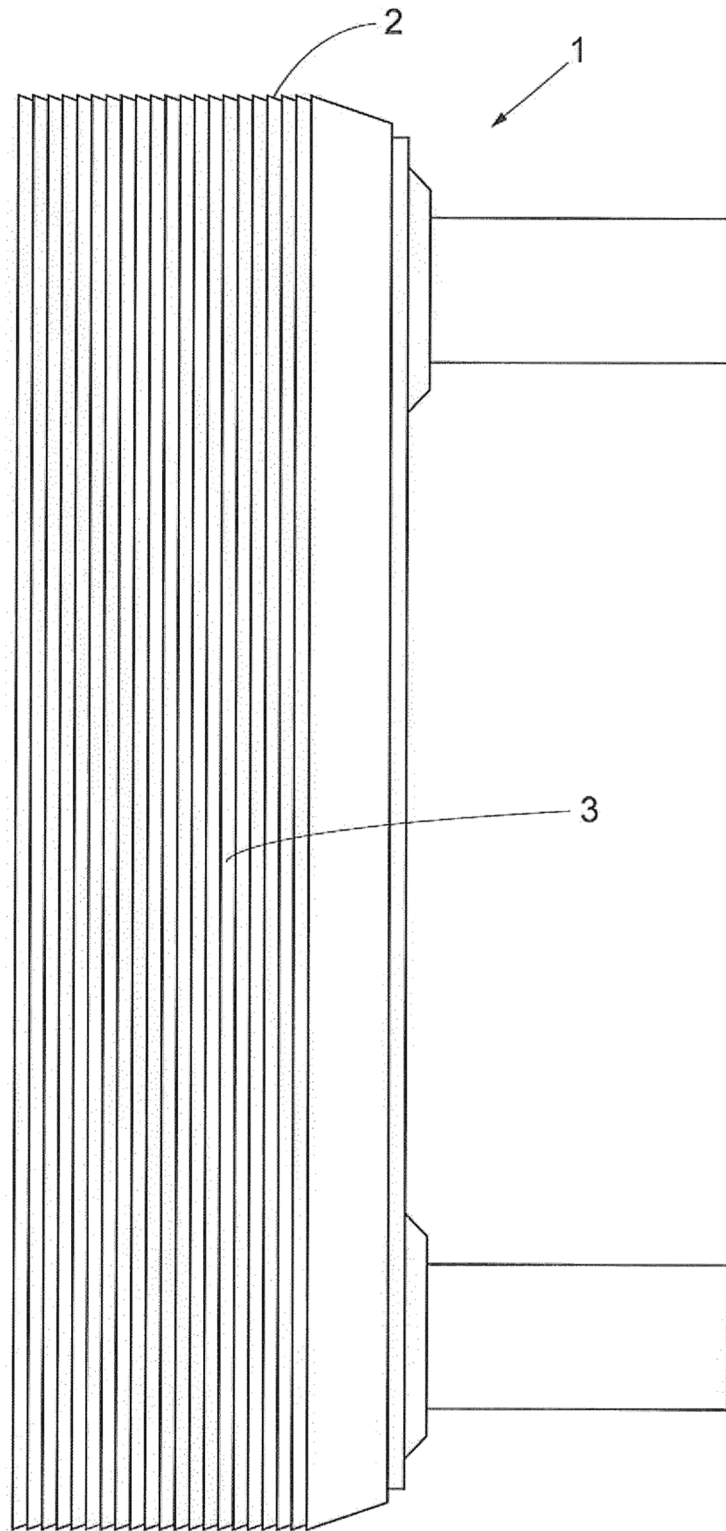


Fig.1

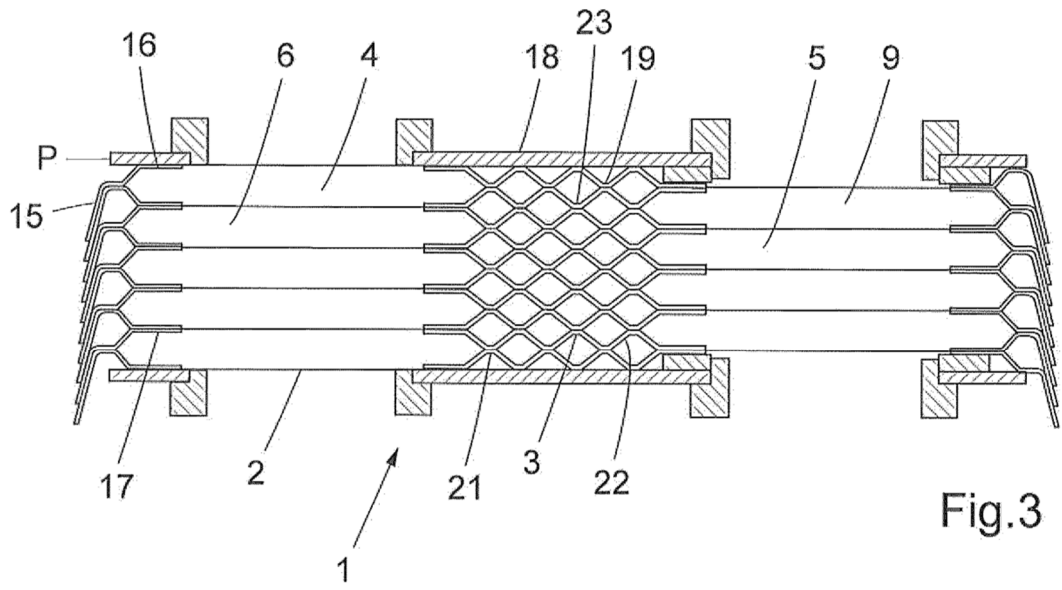


Fig.3

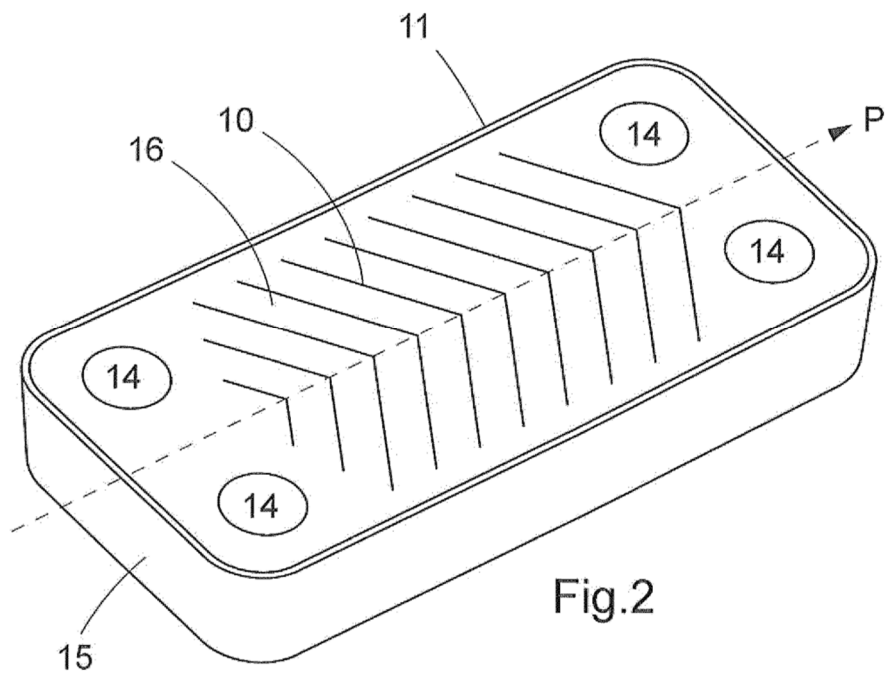


Fig.2

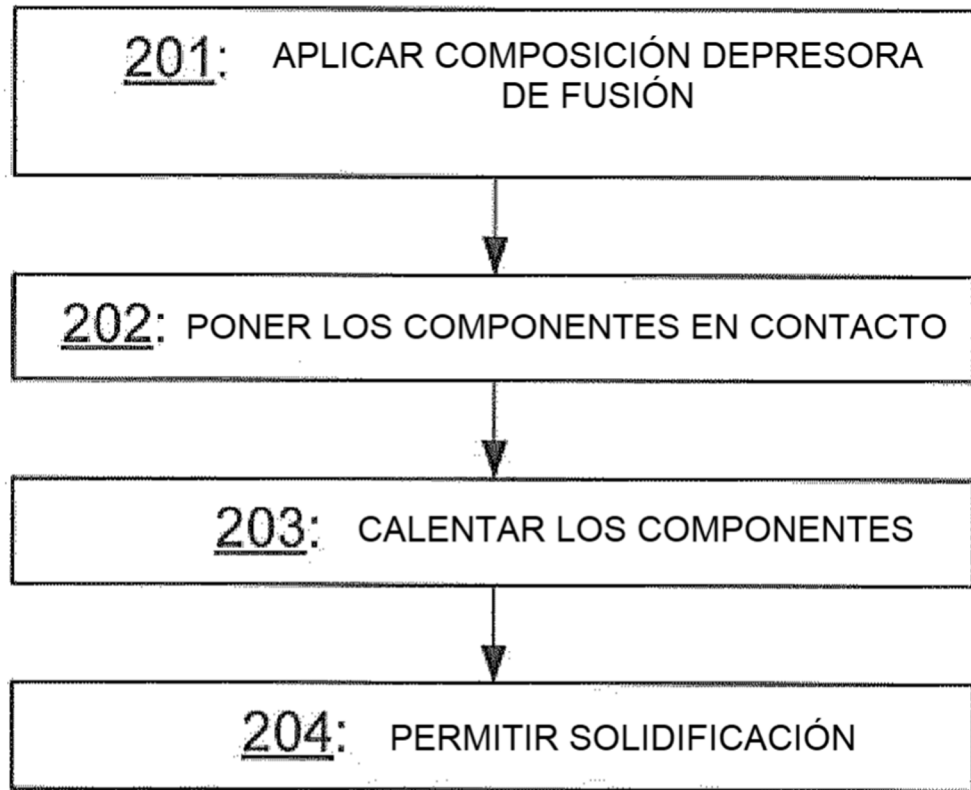


Fig. 4

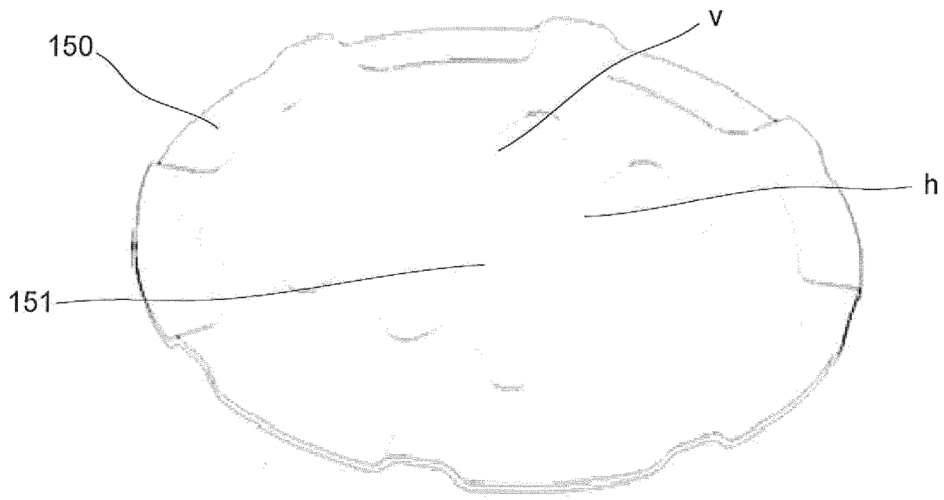


Fig. 5

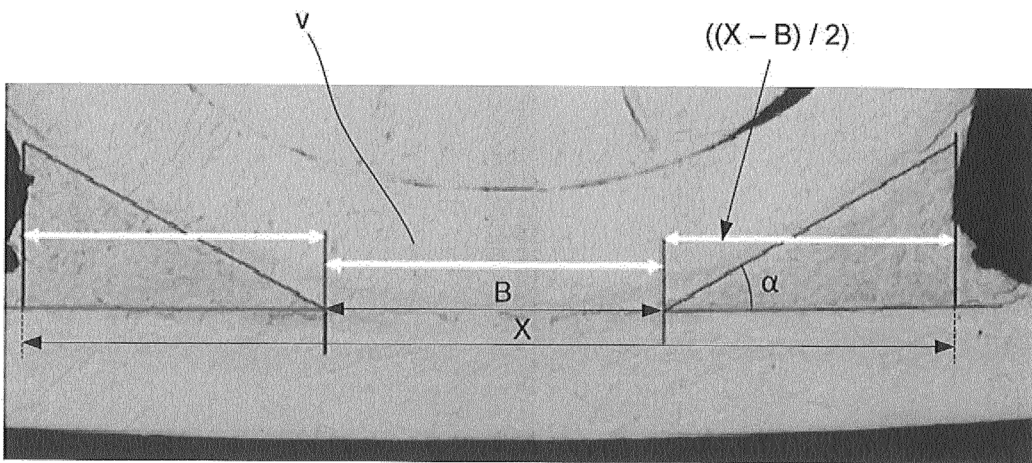


Fig. 6

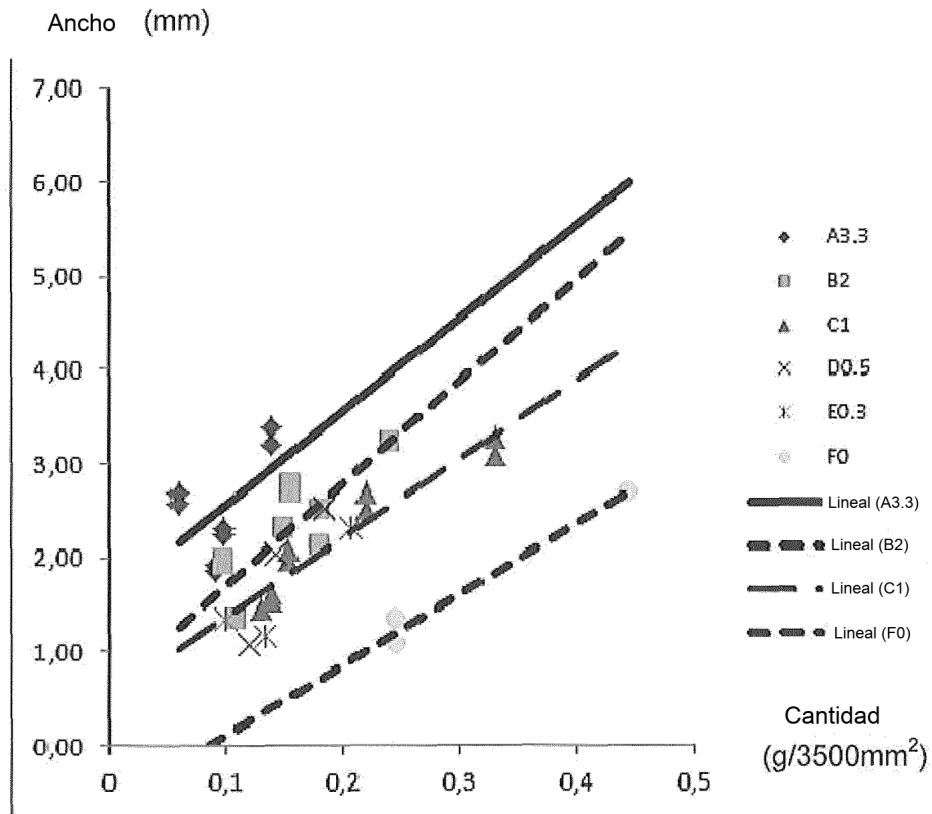


Fig. 7

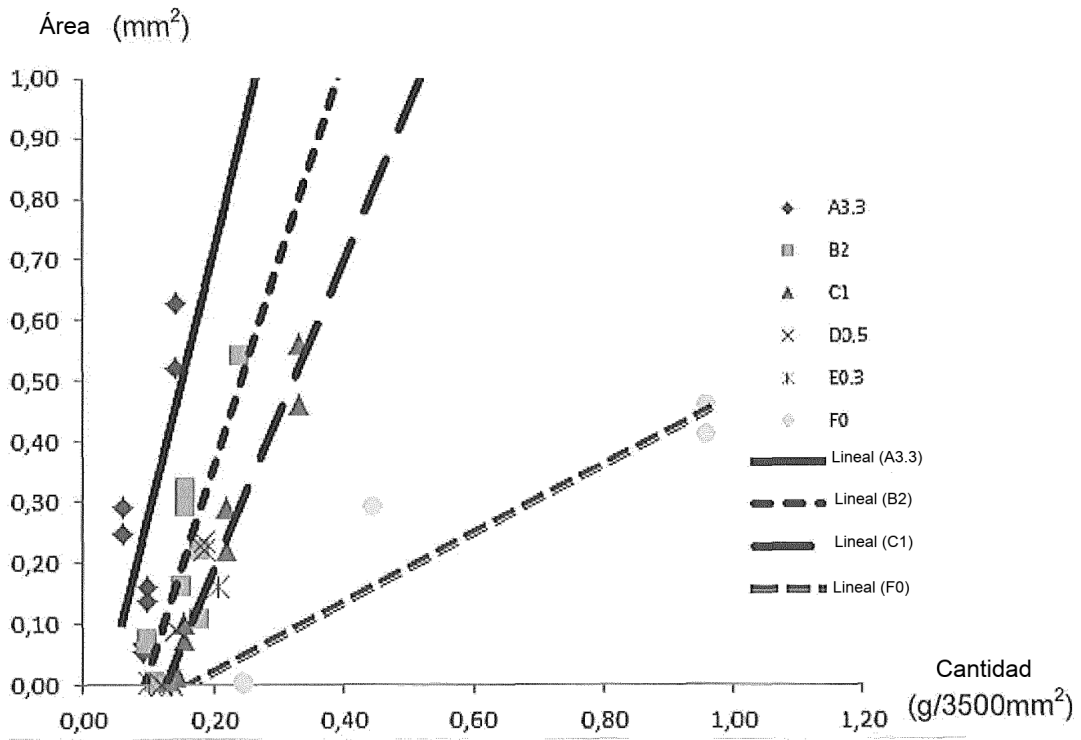


Fig. 8

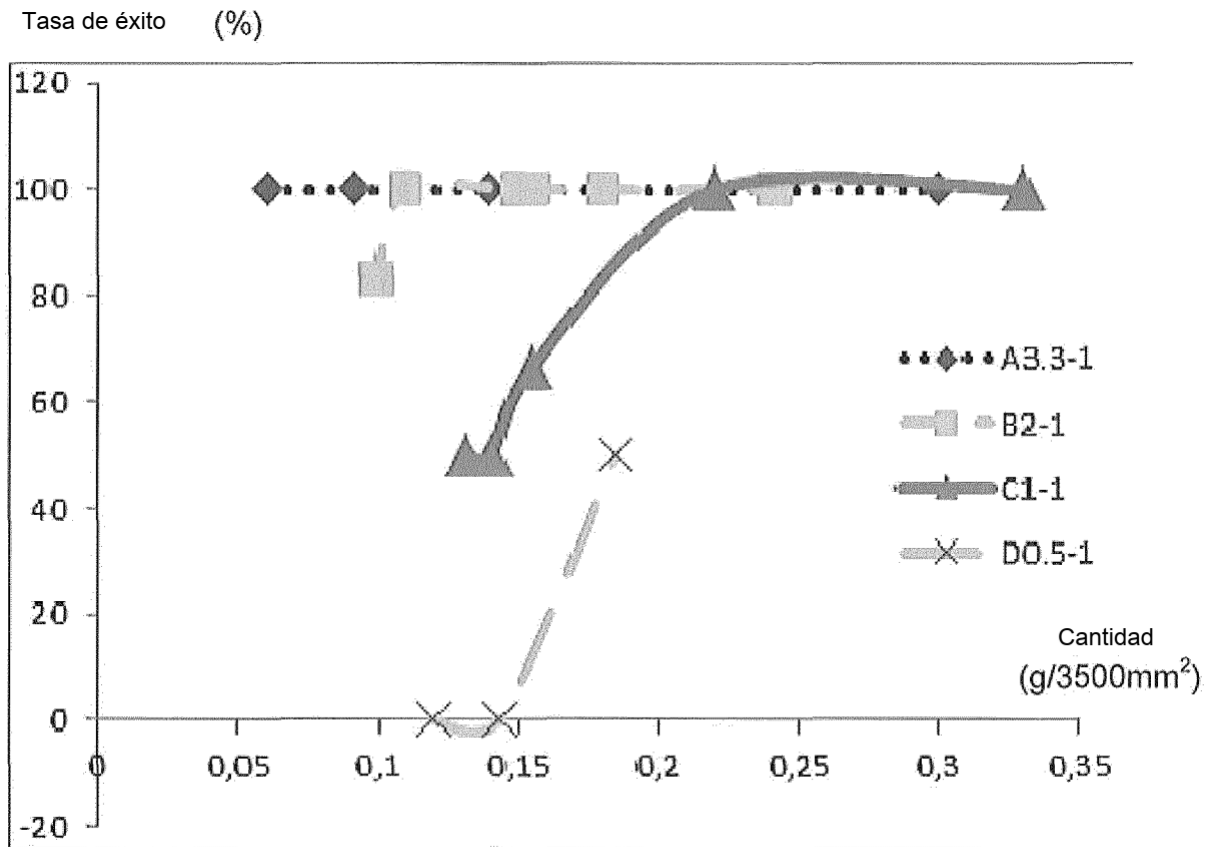


Fig. 9



Fig. 10