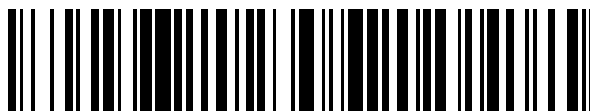


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 872**

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/EP2013/056500**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013** **WO13144194**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013** **E 13714894 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018** **EP 2830820**

54 Título: **Un nuevo concepto de soldadura fuerte**

30 Prioridad:

28.03.2012 EP 12161742

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.04.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SJÖDIN, PER

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 661 872 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

Un nuevo concepto de soldadura fuerte

- 5 La presente invención se refiere a un nuevo concepto de soldadura fuerte, un producto intermedio para unir y/o recubrir por soldadura fuerte. La presente invención se refiere también a un producto intermedio apilado, a un producto intermedio ensamblado, a un método de soldadura fuerte, a un producto soldado fuerte obtenido mediante el método, a un uso de un producto intermedio, a un producto soldado fuerte previamente, a una mezcla y a pintar.

10 Antecedentes

Hoy en día existen diferentes métodos de unión para unir juntas aleaciones que tienen temperaturas de fusión altas. Por temperatura alta se pretende una temperatura superior a 900 °C. Un método común que se usa es la soldadura. La soldadura se refiere a un método en el que el material base con o sin material adicional se derrite, es decir, creación de un producto colado por fusión y nueva solidificación. Otro método de unión es la soldadura fuerte. Durante el proceso de soldadura fuerte, un metal de aportación se añade al material base y, el metal de aportación se funde durante el proceso a una temperatura por encima de 450 °C, es decir, formando una interfaz líquida, a una temperatura inferior a la temperatura de fusión del material base que se unirá. Cuando se suelda fuerte la interfaz líquida debería tener una buena humectación y flujo. La soldadura es un proceso en el que dos o más artículos metálicos se unen juntos mediante la fusión y el flujo de un metal de relleno, es decir, una soldadura, en una junta, teniendo la soldadura un punto de fusión inferior al de la pieza de trabajo. En la soldadura fuerte, el metal de relleno se derrite a una temperatura superior a la de la soldadura, pero el metal de la pieza de trabajo no se derrite. Esta distinción entre soldadura y soldadura fuerte se basa en la temperatura de fusión de la aleación de carga. Una temperatura de 450 °C se usa normalmente como un punto de delineamiento práctico entre la soldadura y la soldadura fuerte.

Cuando se suelda fuerte un metal de aportación se aplica en contacto con el hueco o el espacio entre el material base que se unirá. Durante el proceso de calentamiento, el metal de aportación se derrite y llena el espacio que se unirá. 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 aportación. La segunda fase normalmente tiene lugar a una temperatura de unión dada. Durante esta fase, existe una interacción sólido-líquido, que se acompaña por una transferencia de masa sustancial. El volumen del material base que se encuentra inmediatamente junto al metal de relleno líquido se disuelve o reacciona con el metal de relleno 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 unión da como resultado cambios en la composición del metal de relleno y, a veces, el inicio de la solidificación del metal de relleno. La última fase, que se superpone a la segunda, se caracteriza por la formación de la microestructura de unión final y progresa durante la solidificación y el enfriamiento de la junta.

Un método estrechamente relacionado con la soldadura y la soldadura fuerte es la soldadura fuerte de difusión (DFB), también llamado Unión Transitoria en Fase Líquida (TLP) o, Unión por Difusión Activada (ADB). A veces, se menciona la unión de difusión, pero la unión por difusión se refiere a soldadura fuerte por difusión o a soldadura por difusión y, ahora se considera unión por difusión como un término no estándar.

La soldadura fuerte por difusión (DFB), la Unión Transitoria en Fase Líquida (TLP) o la Unión por Difusión Activada (ADB) es un proceso que se fusiona, o une, metales calentándolos a una temperatura de soldadura fuerte adecuada a la que en la que se coloca previamente o bien un metal que se fundirá o fluirá por atracción capilar o bien, una fase líquida se formará in situ entre dos superficies en contacto entre sí. En cualquier caso, el metal de relleno se difunde en el material base hasta que las propiedades físicas y mecánicas de la unión devienen casi idénticas a aquellas del metal base. Dos aspectos críticos de la DFB, TLB o ADB son que:

- un líquido debe formarse y devenir activo en el área de la junta; y
- una difusión extensiva de los elementos de metal de relleno en el material base debe tener lugar.

Los modos de obtener una junta estrecha o igual que la obtenida en la DFB, TLP o ADB se usa, pero tiene la ventaja de la soldadura fuerte, por ejemplo, tiene la posibilidad de soldar fuerte huecos grandes, etc., mediante el uso de la técnica de soldadura fuerte y los metales de aportación divulgados por el documento WO 2002/38327, WO 2008/060225 y WO 2008/060226. El documento US 2003/200835 divulga un polvo de relleno de soldadura fuerte, que tiene un elemento fundente añadido seleccionado del grupo que consiste en: boro y silicio. Mediante el uso de un metal de aportación, es decir, una aleación de soldadura fuerte, con una composición cercana a la del material base, pero con depresores del punto de fusión añadidos, por ejemplo, silicio y/o boro y/o fósforo. Añadiendo esta junta de soldadura fuerte se tendrá una composición cercana a la del material base después de la soldadura fuerte, ya que el metal de aportación tiene una composición similar a la del material base, el metal de aportación se combina con el material base debido a la disolución del material base y los depresores del punto de fusión se difunden en el material base.

Existen muchas razones para seleccionar un cierto método de unión, tal como costes, productividad, seguridad,

velocidad y propiedades del producto unido. Los módulos E estrechamente relacionados disminuirán el riesgo de tensiones elevadas en el material con módulo E superior cuando se carga el material. Cuando el coeficiente de expansión térmica es similar, el resultado disminuirá las tensiones térmicamente inducidas. Cuando el potencial electroquímico es similar, el resultado disminuirá el riesgo de corrosión.

El uso de rellenos, es decir, aleaciones, cuando se unen metales base, es un proceso complicado. El relleno tiene que estar en una forma que podría aplicarse al metal base antes de calentarse. Normalmente, los rellenos son partículas adecuadamente producidas por atomización, pero los rellenos también pueden estar en forma de láminas producidas por "fusión de hilado", es decir, solidificación rápida (RS). Con respecto a la RS, solo un número limitado de composiciones son posibles de producir por RS. El número de composiciones que se pueden realizar como partículas, es decir, polvo, es superior y, la producción normal de polvos es por atomización. Cuando los rellenos están en forma de polvos, entonces, a menudo se combinan con aglutinantes para formar una pasta, que podría aplicarse al metal base de cualquier manera adecuada. Para producir láminas o, para producir polvos de aleación, existen procesos complicados y, por lo tanto, costosos. Cuando se usan los polvos, los polvos se aplican adecuadamente en forma de una pasta, como se mencionó anteriormente, esto añadirá una etapa extra al proceso, ya que la pasta necesita mezclarse con los aglutinantes y otros componentes, que son beneficiosos para las propiedades de la pasta. Para ambos procesos, se lleva a cabo una cantidad de trabajo para obtener la forma correcta, las propiedades, la forma y la composición del relleno antes de fundirse y unirse. Por lo tanto, un objetivo de la invención es reducir las etapas del proceso cuando se unen metales base. Otro objetivo es simplificar la unión de los metales base y, por lo tanto, reducir los costes.

Si es posible, cuando se seleccionan metales de aportación, una composición cercana al material base es beneficiosa, porque el material base se ha seleccionado para los fines del producto. Si hubiera sido posible y, el coste no fuera un límite, lo mejor sería desarrollar un metal de aportación para cada material base. Por lo tanto, otro propósito de la invención es reducir el número necesario de metales de aportación.

La invención

Por consiguiente, la presente invención proporciona una solución a los problemas y objetivos técnicos por el novedoso e innovador concepto de soldadura fuerte. El primer aspecto se refiere a una mezcla para soldadura fuerte de juntas en productos de metales base y/o para el revestimiento de productos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. La mezcla comprende boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La mezcla comprende boro y silicio en una relación de boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso y 100:3 en peso/en peso y en la que la mezcla también comprende, al menos, un aglutinante seleccionado del grupo que consiste en disolventes, agua, aceites, geles, lacas, barniz, aglutinantes a base de monómeros y/o polímeros.

Como ejemplo, la relación de boro y silicio en la mezcla puede estar en un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso hasta aproximadamente 1:1 en peso/en peso. De acuerdo con otro ejemplo, la relación de boro y silicio puede estar en la mezcla dentro de un intervalo de aproximadamente 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso. De acuerdo con un ejemplo adicional, la mezcla tiene una relación de boro a silicio dentro del intervalo de aproximadamente 15:100 en peso/en peso a aproximadamente 4:10 en peso/en peso. Las relaciones son peso por peso.

De acuerdo con un ejemplo, la mezcla para la soldadura fuerte de juntas en productos de metales base y/o para revestir productos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. La mezcla comprende boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro del intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso y en la que la mezcla comprende también un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel.

Como otro ejemplo, la mezcla para soldadura fuerte de juntas puede ser en productos de metales base y/o para revestir productos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. La mezcla comprende boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La mezcla comprende boro y silicio en una relación de boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso y 100:3 en peso/en peso y en la que la mezcla también comprende, al menos, un aglutinante seleccionado de poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno.

Ejemplos de tamaños de partículas para la mezcla que comprenden boro y silicio, en las que el boro se selecciona a partir de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona a partir de una fuente de silicio puede comprender partículas que tienen un tamaño inferior a 250 µm. Otro ejemplo de tamaño de partículas puede ser inferior a 160 µm. Un ejemplo adicional puede ser un tamaño de partícula inferior a 100 µm. Un ejemplo adicional puede ser un tamaño de partícula inferior a 50 µm.

La mezcla de boro y silicio puede ser cualquier tipo de mezcla de boro y silicio. El boro puede ser una fuente de

boro. Ejemplos de fuentes de boro pueden ser boro, B_4C , B_4Si , NiB y FeB . El silicio puede ser una fuente de silicio. Ejemplos de fuente de silicio puede ser silicio, $FeSi$, SiC , y B_4Si .

De acuerdo con un ejemplo adicional, la mezcla para la soldadura fuerte de juntas en productos de metales base y/o para revestir productos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de $1040^\circ C$. La mezcla comprende boro y silicio. La mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro del intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso y en la que la mezcla comprende también un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel.

Como ejemplo adicional, la mezcla puede comprender también polvos de metal base que tiene una temperatura de solidificación superior a $1040^\circ C$.

Como un ejemplo, la mezcla puede ser una pintura. La pintura comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro del intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso y en la que la mezcla comprende también un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca.

Como un ejemplo adicional, la mezcla puede ser una pintura. La pintura comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro del intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso. La pintura comprende partículas que tienen un tamaño de partícula inferior a $50\text{ }\mu m$ y, al menos, se puede seleccionar un aglutinante de entre poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno.

El segundo aspecto se refiere a un producto intermedio para unir y/o recubrir por soldadura fuerte. El producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de $1040^\circ C$. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso (peso por peso).

El nuevo concepto de soldadura fuerte proporciona, por ejemplo, juntas que se obtienen mediante aleación de soldadura fuerte, formándose dicha aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y una mezcla de boro y silicio. La aleación de soldadura fuerte en forma fundida se ha transportado por fuerzas capilares al área de la junta principalmente de las áreas vecinas. La temperatura para el concepto de soldadura fuerte es superior a $900^\circ C$, es decir, el punto de delineamiento entre la soldadura y la soldadura fuerte. La aleación de soldadura fuerte formada es una aleación que tiene aparte para los elementos de un metal base, elementos de disminución de la temperatura de fusión. Por lo tanto, la aleación de soldadura fuerte tiene una temperatura de fusión inferior a la de la aleación base.

El metal base es una aleación que comprende elementos tal como hierro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), cobre (Cu), etc. De acuerdo con un ejemplo, el metal base puede seleccionarse a partir del grupo que consiste en aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cromo y aleaciones a base de cobre. Ejemplos de tales aleaciones se encuentran en la lista en la Tabla 1, los metales base no se limitan a la lista y solo son ejemplos de posibles metales base.

De acuerdo con un ejemplo, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de $1040^\circ C$. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. El metal base puede seleccionarse a partir del grupo que consiste en aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cromo y aleaciones a base de cobre.

De acuerdo con un ejemplo adicional, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de $1040^\circ C$. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. La mezcla puede comprender un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel. El metal base puede seleccionarse a partir del grupo que consiste en aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cromo y aleaciones a base de cobre.

Tabla 1

Metal base	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

De acuerdo con un ejemplo, el producto intermedio puede comprender placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación superior a 1040 °C y el metal base puede comprender de aproximadamente 15 a 22 % en peso de cromo, de aproximadamente 8 a aproximadamente 22 % en peso de níquel, de aproximadamente 0 a aproximadamente 3 % en peso de manganeso, de aproximadamente 0 a aproximadamente 1,5 % en peso de silicio, opcionalmente, de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 % en peso de molibdeno y, equilibrado con hierro, todos los porcentajes están en porcentaje en peso. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso (peso por peso).

De acuerdo con otro ejemplo, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación superior a 1040 °C y el metal base puede comprender de aproximadamente 15 a 22 % en peso de cromo, de aproximadamente 8 a aproximadamente 22 % en peso de níquel, de aproximadamente 0,2 a aproximadamente 3 % en peso de manganeso, de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 1,5 % en peso de silicio, opcionalmente, de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 % en peso de molibdeno y, equilibrado con hierro, todos los porcentajes están en porcentaje en peso. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso.

De acuerdo con otro ejemplo, el metal base puede comprender de aproximadamente 15 a aproximadamente 22 % en peso de cromo, de aproximadamente 8 a aproximadamente 22 % en peso de níquel, de aproximadamente 1 a aproximadamente 3 % en peso de manganeso, de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 1,5 % en peso de silicio, opcionalmente, de aproximadamente 1 a aproximadamente 8 % en peso de molibdeno y, equilibrado con hierro.

Dependiendo de qué aleaciones se usan, es decir, metales base, existen diferentes metales base que tienen diferente temperatura de solidificación, es decir, el punto de temperatura al que el material se solidifica. De acuerdo con un ejemplo de temperatura de solidificación del metal base puede ser por encima de 1100 °C. De acuerdo con un ejemplo de la invención, la temperatura de solidificación del metal base puede ser superior a 1220 °C. De acuerdo con otro ejemplo, la temperatura de solidificación del metal base puede ser de por encima de 1250 °C. De acuerdo con una alternativa adicional de la invención la temperatura de solidificación del metal base puede ser

superior a 1300 °C.

- De acuerdo con un ejemplo, la mezcla de acuerdo con el segundo aspecto puede tener una relación de boro a silicio dentro del intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. De acuerdo con otro ejemplo, la mezcla tiene una relación de boro a silicio dentro del intervalo de aproximadamente 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso. De acuerdo con un ejemplo adicional, la mezcla tiene una relación de boro a silicio dentro del intervalo de aproximadamente 15:100 en peso/en peso a aproximadamente 4:10 en peso/en peso.
- 10 La mezcla de boro y silicio de acuerdo con el segundo aspecto, puede ser cualquier tipo de mezcla de boro y silicio. El boro puede ser una fuente de boro, que podría seleccionarse dentro del grupo que consiste en boro, B₄C, B₄Si, NiB y FeB. El silicio puede ser una fuente de silicio que podría seleccionarse dentro del grupo que consiste en silicio, FeSi, SiC, y B₄Si.
- 15 La mezcla de acuerdo con el segundo aspecto puede comprender partículas que tienen un tamaño de partícula inferior a 250 µm. De acuerdo con una alternativa, el tamaño de partícula puede ser inferior a 160 µm. De acuerdo con otra alternativa, el tamaño de partícula puede ser inferior a 100 µm. De acuerdo con una alternativa adicional, el tamaño de partícula puede ser inferior a 50 µm.
- 20 Como un ejemplo, la mezcla de acuerdo con el segundo aspecto también puede comprender al menos un aglutinante seleccionado del grupo que consiste en disolventes, agua, aceites, geles, lacas, barniz, aglutinantes a base de, por ejemplo, monómeros o polímeros. El aglutinante puede seleccionarse de entre poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno, etc.
- 25 De acuerdo con un ejemplo, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. La mezcla puede comprender un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel.
- 30 La capa superficial se puede aplicar como un polvo de la mezcla o por medio de una tal deposición física de vapor (PVD) o, deposición química de vapor (CVD). La deposición física de vapor (PVD) es una variedad de deposición al vacío y, es un término general usado para describir cualquiera de varios métodos para depositar películas delgadas por la condensación de una forma vaporizada del material de película deseado en diversas superficies de la pieza de trabajo, es decir, sobre obleas semiconductoras. El método de recubrimiento implica procesos puramente físicos, tal como evaporación al vacío a alta temperatura con condensación posterior o, bombardeo con bombardeo iónico en lugar de implicar reacción química en la superficie que se recubrirá como en una deposición química de vapor. La deposición química de vapor (CVD) es un proceso químico usado para producir materiales sólidos de alta pureza y alto rendimiento. El proceso, por ejemplo, se usa en la industria de semiconductores para producir películas delgadas. En un proceso CVD típico, la oblea, es decir, el sustrato, se expone a uno o varios precursores volátiles, que reaccionan y/o se descomponen en la superficie del sustrato para producir el depósito deseado.
- 35 Frecuentemente, se produce también subproductos volátiles, que se eliminan por flujo de gas a través de la cámara de reacción.
- 40 De acuerdo con un ejemplo, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La capa superficial puede aplicarse como un polvo de la mezcla. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. La mezcla puede comprender un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel.
- 45 De acuerdo con un ejemplo, el producto intermedio comprende placas y/o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C. El producto intermedio comprende, al menos, parte del metal base que tiene una capa de una mezcla, comprendiendo dicha mezcla boro (B) y silicio (Si), en la que el boro se selecciona de una fuente de boro y, en la que el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La capa superficial puede aplicarse como un polvo de la mezcla. El boro y el silicio en la mezcla están en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de 1:10 en peso/en peso a aproximadamente 7:10 en peso/en peso. La mezcla puede comprender un aglutinante, siendo dicho aglutinante una laca o un gel.
- 50 El metal base de la invención puede tener un espesor < 1 mm, es decir, placas que tienen un espesor < 1 mm. Cuando el metal base tiene un espesor < 1 mm, entonces la mezcla puede aplicarse sobre el metal base en una
- 55
- 60
- 65

cantidad inferior a 2,9 mg/mm², preferentemente en una cantidad inferior a 2,8 mg/mm². La ventaja de aplicar una cantidad inferior a 2,9 mg/mm², preferentemente en una cantidad inferior a 2,8 mg/mm² es que disminuye o reduce el riesgo de quemarse a través de las placas.

5 El metal base de la invención puede tener un espesor ≥ 1 mm.

El tercer aspecto se refiere a un producto intermedio que puede soldarse fuerte previamente de tal manera que el metal base y la capa superficial de la mezcla se exponen a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de la aleación de soldadura fuerte formada e inferior a la temperatura de solidificación del metal base.

10 Una capa de aleación de soldadura fuerte se forma sobre el metal base en una etapa de soldadura fuerte previa. La aleación de soldadura fuerte en la capa superficial comprende la mezcla de boro (B) y silicio (Si) y el metal base.

15 Cuando los productos intermedios son placas, la capa superficial de la mezcla podría estar sobre un lado de las placas, capas superficiales únicas o ambos lados de las placas, capas de doble superficie. Las placas pueden cortarse, podrían formarse, podrían presionarse o combinaciones de las mismas de las mismas, antes de aplicar la capa superficial, después de la aplicación de la capa superficial o después de la etapa de soldadura fuerte previa.

20 Cuando los productos intermedios tienen otras formas, la capa superficial de la mezcla podría estar sobre un lado del producto, capa superficial única o sobre dos lados del producto, capas de doble superficie o, la mezcla podría estar sobre varios lados del producto. El producto podría cortarse, podrían formarse, podrían presionarse o combinaciones de las mismas de las mismas, antes de aplicar la capa superficial, después de la aplicación de la capa superficial o después de la etapa de soldadura fuerte previa.

25 El cuarto aspecto se refiere a un producto intermedio apilado para soldadura fuerte. El producto apilado comprende placas que se apilan y, las capas superficiales de las placas están tanto en contacto con un metal base sobre una placa como con otra capa superficial sobre otra placa. Las placas pueden no tener capas superficiales, capas superficiales únicas, capas de doble superficie o combinaciones de las mismas. Esto significa que un producto apilado podría tener n-1 placas de capas superficiales únicas y, al menos, ninguna capa superficial. Otro ejemplo podría ser tener una o más placas sin capas superficiales en el medio y apiladas sobre ambos lados de la placa media podría tanto ser placas de capa superficial única o capas de doble superficie o ambas. Las placas podrían soldarse fuerte previamente. Las placas podrían apilarse en un número de diferentes maneras.

35 El quinto aspecto se refiere a un producto intermedio ensamblado para soldadura fuerte que comprende uno o más productos intermedios, en los que al menos un producto intermedio tiene un espesor ≥ 1 mm, este es el caso cuando las placas son más gruesas de 1 mm o, cuando las partes son más gruesas que 1 mm y, en el que el producto intermedio ensamblado tiene, al menos, una capa superficial en contacto con partes de un metal base o, en contacto con, al menos, una capa superficial de una parte antes de la soldadura fuerte y, después de que se obtenga la junta soldada fuerte de soldadura fuerte en las áreas de contacto.

40 Este sexto aspecto se refiere también a un producto soldado fuerte apilado o a un producto soldado fuerte ensamblado obtenido por soldadura fuerte o apilado o un producto intermedio ensamblado, en el que el producto intermedio apilado o ensamblado se suelda fuerte a una temperatura inferior a 1250 °C en un horno al vacío, en un gas inerte, en una atmósfera reductora o combinaciones de los mismos que forman juntas soldadas fuerte entre las placas apiladas o las superficies de contacto del producto intermedio ensamblado. La aleación de soldadura fuerte formada en un proceso de fusión del metal base y la mezcla, y la aleación de soldadura fuerte en forma fundida se ha transportado por fuerzas capilares al área de la junta principalmente desde áreas vecinas. De acuerdo con otro ejemplo, el producto puede soldarse fuerte a temperatura inferior a 1200 °C. De acuerdo con otro ejemplo, el producto se puede soldar fuerte a una temperatura superior a 1100 °C. De acuerdo con un ejemplo adicional, el producto se puede soldar fuerte dentro de un intervalo de aproximadamente 1100 °C a aproximadamente 1250 °C.

50 El séptimo aspecto se refiere a un método para soldar fuerte un producto, comprendiendo dicho método de las siguientes etapas:

55 (i) aplicar una mezcla sobre las placas y/o partes de productos de metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación superior a 1040 °C, comprendiendo la mezcla boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio, en el que la mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso, preferentemente dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso,

60 (ii) obtener un producto intermedio;

(iii) opcionalmente, exponer el producto intermedio obtenido en la etapa (ii) a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de una aleación de soldadura fuerte de formación e inferior a la temperatura de solidificación del metal base y, formando una capa de aleación de soldadura fuerte sobre la superficie del metal base en una etapa de soldadura fuerte previa;

65 (iv) ensamblar o apilar el producto de la etapa (ii) o etapa (iii) con uno o más productos de acuerdo con la etapa (ii) o etapa (iii) o, ensamblar o apilar el producto con una o más partes o placas que no tienen mezcla de silicio o

boro y, formar un producto o ensamblado o apilado;

(v) soldar fuerte el producto ensamblado o apilado de la etapa (iv) a una temperatura inferior a 1250 °C en un horno al vacío, en un gas inerte, en una atmósfera reductora o combinaciones de los mismos; y

(vi) obtener un producto soldado fuerte.

De acuerdo con un ejemplo, el producto soldado fuerte obtenido en la etapa (vi) puede proporcionarse con una(s) junta(s) obtenida(s) por la formación de una aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y la mezcla y, transportar por fuerzas capilares la aleación de soldadura fuerte en una forma fundida hasta el (las) área(s) de la(s) junta(s) principalmente desde áreas vecinas.

De acuerdo con otro ejemplo, la temperatura de solidificación del metal base puede ser superior a 1220 °C. De acuerdo con otra alternativa de la invención, la temperatura de solidificación del metal base puede ser superior a 1250 °C. De acuerdo con una alternativa adicional de la invención, la temperatura de solidificación del metal base puede ser superior a 1300 °C.

De acuerdo con un ejemplo, el producto obtenido puede soldarse fuerte a una temperatura superior a 1250 °C. De acuerdo con otro ejemplo, el producto puede soldarse fuerte a temperatura inferior a 1200 °C. De acuerdo con otro ejemplo, el producto se puede soldar fuerte a una temperatura superior a 1100 °C. De acuerdo con un ejemplo adicional, el producto se puede soldar fuerte dentro de un intervalo de aproximadamente 1100 °C a aproximadamente 1250 °C.

El método puede comprender también que en la etapa (iv), el producto se suelde fuerte a un metal base que tiene un espesor ≥ 1 mm o, soldarse fuerte a un metal base que tiene un espesor < 1 mm, o soldarse fuerte a uno o más productos intermedios de acuerdo con la invención.

El método también puede comprender que en la etapa (ii) o etapa (iii), el producto se corte, se forme, se presione o combinaciones de las placas que se obtienen, preferentemente placas de intercambiador de calor o placas de reactor.

El método también puede comprender que el producto obtenido en la etapa (ii) o etapa (iii) es una placa y que en la etapa (iv), las placas se apilan para producir un intercambiador de calor o una placa de reactor.

El método puede comprender también que el producto obtenido por soldadura fuerte se seleccione de entre el grupo que consiste en intercambiadores de calor, reactores de placa, partes de reactores, partes de separadores, partes de decantadores, partes de bombas, parte de válvulas, etc.

El octavo aspecto se refiere a un producto obtenido por soldadura fuerte por el método de acuerdo con el séptimo aspecto. Las juntas del producto soldado fuerte se obtienen por la aleación formada por soldadura fuerte, formándose dicha aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y la mezcla y, fluyendo en la junta desde áreas vecinas, los elementos encontrados en la aleación de soldadura fuerte aparte de los elementos del material base son Si, B y, opcionalmente C y, en el que el metal base tiene una temperatura de solidificación superior a 1100 °C.

En el producto soldado fuerte obtenido por el método, el volumen de la aleación formada por soldadura fuerte se calcula a partir de la siguiente fórmula, ver también Figura 2:

$$\text{Volumen} = \text{área total } A \times \text{longitud de la junta}$$

$$\text{Área total} = ((X - B) / 2) \times ((X - B) / 2) \times \tan \alpha$$

En la que 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 y, la altura se calcula midiendo el ángulo α , que es el ángulo de la tangente entre la viga presionado de la base.

El noveno aspecto se refiere a un uso de un producto intermedio para soldadura fuerte de intercambiadores de calor, reactores de placa, partes de reactores, partes de separadores, partes de decantadores, partes de bombas, parte de válvulas, etc.

El décimo aspecto se refiere a un producto soldado fuerte previamente para soldadura previa que comprende placas y/o partes de productos de metal base que tienen una temperatura de solidificación superior a 1040 °C, obteniéndose dicho producto soldado fuerte previamente por la aplicación de una capa superficial de una mezcla sobre las placas y/o partes de productos de metal base, comprendiendo dicha mezcla boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio, en el que la mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso, preferentemente dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso, en el que el metal base y la capa superficial se exponen a

una temperatura superior a la temperatura de solidificación de la aleación de soldadura fuerte formada e inferior a la temperatura de solidificación del metal base y, una capa de la aleación de soldadura fuerte se obtiene sobre la superficie de las placas y/o las partes de productos de metal base.

- 5 La presente invención se refiere también a una mezcla para soldar fuerte juntas de metales base y para revestimientos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C y la mezcla comprende boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio. La mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso, preferentemente dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso. De acuerdo con una alternativa, la mezcla también puede comprender polvos de metal base que tienen una temperatura de solidificación superior a 1040 °C. La mezcla en la pintura puede comprender partículas que tienen un tamaño de partícula < 50 µm.
- 10
- 15 El metal base de la invención es una aleación que comprende elementos tal como hierro (Fe), cromo (Cr), níquel (Ni), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), cobre (Cu), etc. De acuerdo con una alternativa, el metal base puede seleccionarse a partir del grupo que consiste en aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cromo y aleaciones a base de cobre.
- 20 La presente invención se refiere también a una pintura que comprende una mezcla de boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y, el silicio se selecciona de una fuente de silicio, en el que la mezcla comprende boro y silicio en una relación boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 3:100 en peso/en peso a aproximadamente 100:3 en peso/en peso, preferentemente dentro de un intervalo de aproximadamente 5:100 en peso/en peso a aproximadamente 1:1 en peso/en peso y, opcionalmente, polvos de metal base que tienen una temperatura de solidificación superior a 1040 °C y que la pintura también comprende, al menos, un aglutinante seleccionado del grupo que consiste en disolventes, agua, aceites, geles, lacas, barniz, aglutinantes a base de monómeros y/o polímeros.
- 25
- De acuerdo con una alternativa, el aglutinante puede seleccionarse a partir de poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno.
- 30

Otras realizaciones y alternativas se definen por las reivindicaciones.

- 35 A continuación, se explicará la invención mediante el uso de las figuras 1 a 6. Las figuras tienen el propósito de demostrar la invención y no se pretende limitar su ámbito.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 muestra un uso de placa circular presionada en los Ejemplos.
- 40 La figura 2 muestra un gráfico de "Aproximación".
- La figura 3 muestra un diagrama en el que el ancho medido es una función de la cantidad aplicada ($\text{g}/3500 \text{ mm}^2$) con líneas de tendencia.
- La figura 4 muestra otro diagrama en el que el área llenada calculada de la junta de soldadura fuerte basada en el ancho medido es una función de cantidad aplicada ($\text{g}/3500 \text{ mm}^2$) con líneas de tendencia.
- 45 La figura 5 muestra otro diagrama en el que el % de las muestras sometidas a pruebas de tracción donde la junta fue más fuerte o igual al del material de placa como una función de la cantidad aplicada de mezcla ($\text{gramos por } 3500 \text{ mm}^2$)
- La figura 6 muestra una imagen de una de las muestras después de la unión.

50 Descripción detallada de los dibujos

- La figura 1 muestra una placa circular presionada, que tiene 42 mm de diámetro y 0,4 mm de espesor, fabricada de acero inoxidable tipo 316L. La placa presionada tiene dos vigas presionadas V y H, cada una aproximadamente de 20 mm de largo. La viga V o v representa la viga izquierda y la viga H o h representa la viga derecha y, v y h se usan en los ejemplos 5 y 9.
- 55

- La figura 2 muestra la aproximación 1 que se basa en una sección transversal de una muestra de prueba soldada fuerte. La sección transversal de la figura 2 muestra la viga presionada en la parte superior de la figura 2. En la parte inferior de la figura 2 está la placa plana aplicada previamente. En el capilar entre la viga y la superficie placa, se crea una junta. Para estimar la cantidad de aleación de soldadura fuerte creado en la junta se ha realizado las siguientes aproximaciones y cálculos. Se ha estimado que el volumen en el centro de la junta es insignificante. Por lo tanto, el volumen de la aleación de soldadura fuerte creada para las juntas con un ancho, es decir, ancho B de 1,21 mm o menos, se establecen a cero. En los lados externos de la viga, es decir, $((X - B)/2)$, se ha acumulado la aleación de soldadura fuerte. De este modo, la aleación de soldadura fuerte en forma fundida se ha transportado por fuerzas capilares al área de la junta principalmente de las áreas vecinas que forman aleación de soldadura fuerte de los volúmenes de los triángulos.
- 60
- 65

De acuerdo con la figura 2, es posible calcular un área estimando que dos triángulos se forman en cada lado del centro de la junta. El ángulo en el triángulo se mide aproximadamente. 28 °. El ancho total medido se llama X y el ancho del centro, B. El área total (A) de los dos triángulos, por lo tanto, es $A = 2 \times (((X - B)/2) \times ((X - B)/2) \times \tan(\alpha))/2$, es decir, para la figura 2 $A = 2 \times (((X - 1.21)/2) \times ((X - 1.21)/2) \times \tan(28))/2$. El volumen total creado de aleación de soldadura fuerte, que tenía flujo a las grietas, podría ser la cantidad de veces el área la longitud de las dos vigas. Algunas de las aleaciones de soldadura fuerte formadas no fluyen a las grietas y se quedan sobre la superficie. La figura 3 muestra un diagrama en el que el ancho medido es una función de la cantidad aplicada (g/3500 mm²) con líneas de tendencia. Los resultados de la prueba de filete se muestran en la tabla 8 y 9 del Ejemplo 5 en la figura 3. Las líneas de tendencia de la figura 3 se basan en $Y = K \times X + L$. Los resultados de los anchos medidos y las áreas estimadas se ilustran en los diagramas de las figuras 3. Las cantidades aplicadas, ver Tablas 8 y 9, donde 0,06 gramos/3500 mm² a 0,96 gramos/3500 mm², que corresponden a aproximadamente 0,017 mg/mm² a 0,274 mg/mm², para compararse con aproximadamente 1,3 - 5,1 mg de mezcla por mm² usada en el Ejemplo 2.

La línea de tendencia $Y = K \times X + L$ para la mezcla se midió, Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de mezcla y L es una constante, ver figura 3. De este modo, el ancho de la junta de soldadura fuerte:

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

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

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

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

Como se observa, la figura 3 combina 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 como una función de cantidad aplicada de mezcla. La muestra F0 no dio ninguna junta sustancial por debajo de 0,20 gramos por 3500 mm².

La figura 4 muestra otro diagrama en el que el área llenada 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. La línea de tendencia $Y = K \times X - L$ para la mezcla se midió, Y es el área, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de mezcla y L es una constante, ver figura 4.

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

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

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

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

Una estimación aproximada del volumen creado basándose en el diagrama de la figura 4, para, por ejemplo, una cantidad de 0,18 gramos por 3500 mm², excluyendo la muestra F0, debido a "no" unión de soldadura fuerte y la muestra D0,5 debido a muy pocos datos, da un valor para las muestras del volumen creado de aleación de soldadura fuerte en la junta entre las dos vigas, véase más adelante.

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

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

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

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

La figura 5 muestra otro diagrama en el que el % (porcentaje) es la tasa de éxito de las muestras sometidas a pruebas de tracción donde la junta fue más fuerte o igual al material de placa como una función de cantidad aplicada de mezcla, es decir, gramos por 3500 mm². Cuando la placa fue más fuerte que la junta, dando como resultado 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.

En la imagen de la figura 6, se muestra una de las muestras después de la unión. La imagen muestra que se formaron juntas entre las dos piezas. La muestra unida es del Ejemplo 10.

La invención se explica en mayor detalle por medio de los siguientes Ejemplos y, los Ejemplos son para ilustrar la

invención y no se dirigen a limitar el ámbito de la invención.

Ejemplos

- 5 Las pruebas en estos Ejemplos se realizaron para investigar si el silicio, Si, pudo crear una aleación de soldadura fuerte cuando el silicio se aplicó sobre la superficie de una muestra de prueba del metal base. También diferentes cantidades de boro, B, se añadieron, ya que el boro puede disminuir el punto de fusión de las aleaciones de soldadura fuerte. El boro también puede cambiar el comportamiento de humectación de las aleaciones de soldadura fuerte. Las propiedades de las mezclas probadas también se investigaron. En el Ejemplo, el tanto % en peso es porcentaje por peso y atm% es porcentaje en átomos.

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.

15 Ejemplo 1: Preparación de muestras de mezclas de silicio y boro que se probarán:

- La muestra de prueba N° C1 se preparó mezclando 118,0 gramos de partículas de polvo de silicio cristalino de tamaño 325 mallas, 99,5 % (base de metal) 7440-21-3 de Alfa Aesar - Johnsson Matthey Company, con 13,06 gramos de partículas de polvo de boro cristalino de tamaño 325 mallas, 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 Varimixer BEAR de Busch & Holm produciendo 208 gramos de pasta, ver muestra C1. Todas las muestras se produjeron siguiendo el mismo procedimiento que en la muestra de prueba C1. Las muestras se resumieron en la Tabla 2.

Tabla 2

N° de Muestra.	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

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 excepción de que se usó otro aglutinante, el aglutinante era aglutinante S-20 de Wall Colmonoy. Las muestras de prueba se resumieron en la Tabla 3.

Tabla 3

N° de Muestra.	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

Las muestras también se calcularon para mostrar la relación, el porcentaje en peso y el porcentaje en átomos, estos se muestran en la Tabla 4

Tabla 4

Muestra de Mezcla N°.	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

Medición del contenido de aglutinante (polimérico y disolvente) en el aglutinante S-20 y S-30.

- 5 También el contenido de material "seco" dentro de los geles se probó. Las muestras de S-20 y S-30 se pesaron y, después, se colocaron en un horno durante 18 horas a 98 °C. Después de sacar las muestras del horno se pesaron de nuevo. Los resultados se pueden encontrar en la Tabla 5.

Tabla 5

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

10 **Ejemplo 2: Pruebas de soldadura fuerte**

- 15 Cuando se prueban los metales de aportación de la técnica anterior, el peso del metal de aportación aplicado es de 2,0 gramos, que corresponde a 0,2 de silicio. Como se tenían que probar las mezclas de silicio y boro, se usaron cantidades similares de silicón y boro en las composiciones probadas. El metal de aportación contiene 10 % en peso de silicio, por lo tanto, se aplicaron 0,2 gramos de mezclas de silicio y boro en las muestras de prueba. Las muestras de prueba fueron pruebas circulares que tienen un diámetro de 83 mm y un espesor de 0,8 mm y, las piezas de prueba se fabricaron de acero inoxidable tipo 316L. Dado que no se esperaba que 0,2 gramos de mezcla de soldadura fuerte correspondiera a 2 gramos de aleación de soldadura fuerte porque una "aleación de soldadura fuerte formada" puede crearse primero a partir del metal base y de la mezcla de soldadura fuerte, antes de que pueda fluir y, ese silicio y boro podrían solo difundirse en el metal base o, incluso no fundirse en el metal base una cantidad superior de 0,4 gramos, también se probó. Todas las muestras se soldaron fuerte en un horno al vacío a 1210 °C durante 1 hora. Se usaron pruebas dobles. Que significa, dos alturas, muestras de prueba dobles y seis mezclas diferentes, $2 \times 2 \times 6 = 24$ muestras, es decir, F0, E0,3, D0,5, C1, B2 y A3,3. Las mezclas se aplicaron sobre un área circular que tiene un diámetro de aproximadamente 10 a 14 mm, es decir, una superficie de 78 a 154 mm² o aproximadamente 1,3 - 5,1 mg de mezcla por mm².

Resultados:

- 30 Se observó claramente que las piezas de prueba del metal base se fundieron y se creó algún tipo de fusión. 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 dieron como resultado una mejor humectación. Sin embargo, también se vio que, para la mayor parte de las muestras, el espesor total se fundió y se creó un orificio en el medio de la pieza de prueba. 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.

- 35 Una conclusión es, por lo tanto, que no es posible cambiar de una pasta de metal de aportación o similares y, aplicar manchas o líneas con "cantidades equivalentes comparativas" de mezclas de silicio y boro, ya que las mezclas de silicio y boro fundirán un orificio en el metal base si la muestra de prueba es delgada, en este caso, 0,8 mm. Si se usan muestras de prueba más gruesas, no aparecen orificios, sino, que se podrían crear "zanjas" en el metal base. Esto podría evitarse o mejorarse añadiendo metal base como, por ejemplo, polvo, en las mezclas de silicio y boro. Si solo se aplica silicio, es decir, la muestra F0, el resultado parece tener menos flujo y propiedades humectantes que las otras muestras en las que se aplica tanto silicio como boro.

Ejemplo 3: Nuevo procedimiento de aplicación

- 45 En este Ejemplo, las placas de muestra se prepararon para todas las pruebas de filete, pruebas de corrosión y pruebas de tracción al mismo tiempo. A partir del Ejemplo 2 se concluyó que las mezclas de silicio y boro podrían ser

un riesgo para aplicar la mezcla en puntos o líneas o placas de pared delgadas. Por lo tanto, nuevas muestras de prueba, es decir, placas de prueba, se usaron para la aplicación de las diferentes mezclas de Si y B para las pruebas de filete, pruebas de corrosión y pruebas de tracción.

5 Por consiguiente, las nuevas muestras de prueba fueron placas realizadas de acero inoxidable tipo 316L. El tamaño de las placas fue de 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 y con lavavajillas y 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.

10 Las diferentes mezclas de prueba A3,3, B2, C1, D0,5, E0,3, F0, G15, H100 y I66 se usaron. Las placas de prueba se "pintaron" con las mezclas sobre el área superficial sin máscara, teniendo dicha área superficial 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 el octavo de la cantidad total de las mezclas sobre el área de 100 mm x 35 mm = 3500 mm² = 35 cm².

15

Tabla 6

Placa de Prueba N°.	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
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: Prueba de mezcla-corrosión de las muestras.

20 De las placas de muestra se cortaron rodajas que tenían un ancho de 35 mm, es decir, un área superficial aplicada de 35 mm x 35 mm. Sobre esta área superficial se colocó una placa circular presionada, ver figura 1, cuya placa de presión tenía un tamaño de 42 mm de diámetro y 0,4 mm de espesor realizada de acero inoxidable tipo 316L. Las muestras de prueba se soldaron fuerte durante 1 hora a 1210 °C. A las placas probadas durante las pruebas de corrosión se había aplicado muestras de mezclas A3,3, B2, C1, D0,5, E0,3, H100, I66 y J, ver Tabla 4.

25

Las muestras se probaron 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 - Cobre Sulfato - 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 pudiera reaccionar con cobre en el acero, creando boruros de cromo, principalmente en los límites del grano y, entonces, aumenta el riesgo de ataque de corrosión intergranular, se usó la "práctica" estándar, hervir 16 % de ácido sulfúrico junto con sulfato de cobre durante 20 horas y, luego, una prueba de flexión, de acuerdo con el capítulo 30 en el estándar.

30

35 Resultados de la prueba de corrosión y seccionamiento de las muestras de prueba

Las piezas de prueba se sometieron a pruebas de flexión de acuerdo con el método de prueba de corrosión en el capítulo 30.1. Ninguna de las muestras dio indicaciones de ataque intergranular en la investigación ocular de las superficies dobladas. Después de la investigación ASTM, se cortaron las muestras de prueba dobladas, se rectificaron y controlaron y la sección transversal se estudió en un microscopio de luz óptica en EDS, es decir, Espectroscopia de Dispersión de Energía. Los resultados se resumieron en la Tabla 7.

40

Tabla 7

Nº de Muestra.	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, más 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, más 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 de 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, más 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, más probablemente una fase de boruro de cromo

Comentarios:

- 5 Aparentemente, cuando se añaden altas cantidades de boro, como para la muestra H100, J, I66, se formó una fase frágil sobre la superficie, más probablemente una fase de boruro de cromo, aumentando con la cantidad de boro. No se vio una fase frágil en la muestra H100, más probablemente debido a la corrosión sobre la superficie. También, la cantidad de boruros aumentó con la cantidad de boro, es decir, que hay que tener en cuenta que las propiedades de corrosión podrían disminuir cuando se añaden altas cantidades de boro, como para la muestra H100, que se atacó en la prueba de corrosión. El "efecto negativo" con el boro puede disminuir usando metales base más gruesos y/o tiempos de difusión más largos. Entonces, 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 delgada. Se observó que, para la cantidad baja 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 que para las superficies frágiles para A3,3, B2, H100, I66 y J. El "efecto negativo" con el silicio puede disminuir usando metales base más gruesos y/o tiempos de difusión más largos. Entonces, es posible "diluir" silicio en el metal base.

Ejemplo 5: Prueba de filete de las muestras.

- 20 De las muestras de prueba realizadas de acuerdo con el Ejemplo 3, las rodajas de las placas se cortaron con el ancho de 35 mm, es decir, una superficie aplicada de 35 mm x 35 mm. Sobre esta superficie se colocó una placa presionada, ver figura 1, 4,2 mm de diámetro y 0,4 mm de espesor, fabricada de acero inoxidable tipo 316L. La placa presionada tiene dos vigas presionadas, cada una aproximadamente 20 mm de largo. Las muestras se soldaron fuerte aproximadamente una 1 hora a aproximadamente 1200 °C.

- 25 Los resultados de la prueba de filete muestran que había cantidades de aleación de soldadura fuerte encontradas en el área de la junta creada entre el área superficial plano en la que se aplicaron las mezclas, estando dicha superficie plana en contacto con una viga presionada en la muestra de prueba vista en la figura 1. La cantidad de aleación de soldadura fuerte se calculó por una aproximación, ver figura 2, calculando un área estimando que dos triángulos se forman en 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) x (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:

$$35 \quad A = ((X - B) / 2) \times ((X - B) / 2) \times \tan \alpha$$

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. De este modo, 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.

5 Para calcular el volumen del volumen total creado de la aleación de soldadura fuerte formada que ha fluido a las grietas, habría que medir la longitud de las dos vigas, es decir, cada viga es de 20 mm y, multiplicar la longitud y el área total.

10 El área de los dos triángulos es el área estimada tras la soldadura fuerte en la Tabla 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 la tabla 8 y 9 en la figura 3. En la Tabla 8, y en la Tabla 9, v y h representan v = viga izquierda y h = viga derecha.

Tabla 8

Nº de Muestra.	Aglutinante aplicado Si + B [gramo]	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
A3,3-1h	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
B2X-2h	0,15	2,31	0,16	3,2
B2-1v	0,10	1,96	0,07	1,4
B2-1 h	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

15 Valor medido para la prueba de filete, muestras A3,3 - B2/B4

Tabla 9

Nº de Muestra.	Aglutinante aplicado Si + B [gramo]	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

ES 2 661 872 T3

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
D0,5-1h	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
E0,3-1h	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

Valor medido para la prueba de filete para las muestras C1 a F0

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 3. Las cantidades aplicadas, ver Tablas 8 y 9, donde 0,06 gramos/3500 mm² a 0,96 gramos/3500 mm², que corresponde a aproximadamente 0,017 mg/mm² a 0,274 mg/mm², para compararse con aproximadamente 1,3 - 5,1 mg de mezcla por mm² usada en el Ejemplo 2.

10 La línea de tendencia $Y = K \times X + L$ para la mezcla se midió, Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de mezcla y L es una constante, ver figura 3. De este modo, el ancho de la junta de soldadura fuerte:

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

15 $Y (\text{ancho para B2}) = 0,626 + 10,807 \times (\text{cantidad aplicada de mezcla B2})$

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

20 $Y (\text{ancho para F0}) = 0,632 + 7,456 \times (\text{cantidad aplicada de mezcla F0})$

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

25 La línea de tendencia $Y = K \times X - L$ para la mezcla se midió, Y es el área, K es la inclinación de la línea, X es la cantidad aplicada de mezcla y L es una constante, ver figura 4.

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

30 $Y (\text{área para B2}) = 3,372 \times (\text{cantidad aplicada de mezcla B2}) - 0,318$

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

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

Una estimación aproximada del volumen creado basándose en el diagrama de la figura 4, 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 muy pocos datos, da un valor para las muestras del volumen creado de aleación de soldadura fuerte en la junta entre las dos vigas, véase más adelante.

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

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

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

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

También, las mezclas con mayor proporción de boro se probaron, por ejemplo, la muestra G15, H100, I66 y J. Todas las muestras probadas funcionaron bastante similares a la mezcla A3,3 y B2, en relación con el volumen de aleación de soldadura fuerte creado. Sin embargo, la sección transversal metalúrgica de las muestras con soldadura fuerte mostró que la cantidad de boruros fue superior y, para la muestra H100, es decir, boro puro, también se encontraron fases de frágiles con alto contenido de cromo sobre la superficie donde se aplicó previamente flexión. Las fases más duras fueron más probablemente boruros de cromo, que disminuye 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 $\geq 1\text{ mm}$ este efecto en la superficie también será menos severa ya que la proporción del volumen superficial en comparación con el volumen de metal base es mucho menor que para un material delgado $< 1\text{ mm}$ o $< 0,5\text{ mm}$. 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 que contiene silicio grueso quebradizo, con un espesor de $> 50\%$ del espesor de la placa para algunas áreas en 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). Esta fase quebradiza probablemente es mucho más difícil de disminuir, en comparación con la fase de boruro, usando un metal base más grueso o un cambio en el tratamiento de calor. Aún para metal base más grueso, este efecto puede ser menos severo.

Ejemplo 6 Prueba de tracción de junta soldada

Las placas de prueba originales aplicadas se cortaron en rodajas. El tamaño de las muestras rebanadas fue de aproximadamente 100 mm de ancho, 180 a 200 mm de largo y el espesor de 0,4 mm. El área aplicada para cada corte fue entonces 10 mm veces 35 mm = 350 mm². Sobre el área aplicada, una parte más gruesa, 4 mm, de acero inoxidable tipo 316L se colocó cubriendo 30 mm del total de 35 mm de superficie aplicada. La parte más gruesa se colocó en el extremo de la rebanada 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 se soldaron fuerte a aproximadamente 1200 °C durante aplicación de 1 hora.

Después de soldar fuerte, la parte gruesa se montó en horizontal en una máquina de prueba de tracción. La rebanada de soldadura fuerte 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 entonces y la junta soldada fuerte se dividió.

Resultados

Cuando la placa fue más fuerte que la junta, para que la junta se dividiera, 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 porcentajes (%) de las muestras probadas donde la junta era más resistente o igual que la placa como una función de cantidad aplicada, es decir, que la junta no se dividió cuando se realizó la prueba. Los resultados se resumen en la Tabla 10 y el diagrama de la figura 5.

Tabla 10

Mezcla de Si + B [gramos]	Tasa de éxito A3,3-1 [%]	Tasa de éxito B2-1 [%]	Tasa de éxito C1-1 [%]	Tasa de éxito D0,5-1 [%]
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	

Ejemplo 7

- 5 Para establecer la relación entre la cantidad aplicada y el riesgo de quemaduras a través de las placas, se llevaron a cabo nuevas pruebas. Para todas las pruebas, la mezcla B2, ver Tabla 6, se usó. Para la mezcla B2 se añadió 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, punto circular que tiene 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 horno a temperatura ambiente durante 12 horas. Las muestras se pesaron de nuevo.

- 15 Las muestras de prueba se pusieron todas en un horno y se soldaron fuerte a 1210 °C durante aproximadamente de 1 hora. Durante la soldadura fuerte, solo los bordes externos de cada muestra estaban en contacto con el material de encuentro, manteniendo la superficie inferior central de la placa sin contacto con cualquier material durante la soldadura fuerte. La razón para mantener la superficie inferior central de la placa libre de contactos es que para poder evitar un colapso o una quemadura si el material central se soporta desde abajo por un material de encuentro.

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

Tabla 11

Nº de Muestra.	Mezcla de Si + B y aglutinante húmedo adicional S-30 [gramos]	Mezcla de Si + B y aglutinante húmedo adicional S-30 [mg/mm ²]	Mezcla de Si + B y aglutinante seco adicional S-30 [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
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 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 que tienen un espesor inferior a 1 mm, existe un riesgo con una cantidad dentro del intervalo de aproximadamente 2,830 mg/mm² a aproximadamente 3,114 mg/mm², la cantidad en el medio de este intervalo es de 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 muestra de prueba, un metal de aportación a base de hierro con una composición cercana al acero inoxidable tipo 316 se usó, ver el documento WO 2002/38327. El metal de aportación tuvo una cantidad aumentada de silicio a aproximadamente 10 % en peso, una cantidad de boro a aproximadamente 0,5 % en peso y una cantidad reducida de Fe de aproximadamente 10,5 % en peso. En la primera muestra de prueba, el metal de aportación se aplicó en líneas y en la segunda muestra de prueba, el metal de aportación se aplicó uniformemente sobre la superficie. En ambos casos, el relleno se aplicó después de presionar.

Después de la soldadura fuerte, la muestra de prueba 1 mostró que el metal de aportación aplicado en líneas se dibujó en uniones de soldadura fuerte. Algunos de los metales de aportación 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 aportación fluyó a las juntas de soldadura fuerte, sin embargo, algunos en el metal de aportación permanecieron sobre la superficie y aumentó el espesor. En las muestras de prueba 1 y 2, la cantidad de metal de aportación 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, ver 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 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 Pruebas con diferentes fuentes de Si y fuentes de B

Las pruebas que se realizaron en el Ejemplo 9 fue investigar las fuentes de boro y las fuentes de silicio alternativas. La mezcla B2, ver Tabla 6, se seleccionó como referencia para la prueba. Las fuentes alternativas se probaron con su capacidad para crear una junta. Para cada experimento, tanto la fuente de boro alternativa como la fuente de silicio alternativa se probó. Cuando se usó una fuente alternativa, se asumió la influencia del otro elemento como cero, es decir, que solo se "midió" el peso del boro o silicio en el componente alternativo, ver Tabla 12. Para la mezcla de referencia B2, la relación de peso entre silicio y boro es de 10 gramos a 2 gramos, sumando hasta 12 gramos. Cada mezcla se mezcló junto con 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 de vacío a 1210 °C durante 1 hora.

Tabla 12

Muestra	Fuente alternativa	Cantidad añadida [Si] [gramos]	Cantidad añadida [B] [gramos]	Cantidad correspondiente [Si] [gramos]	Cantidad correspondiente [B] [gramos]
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

La línea de tendencia $Y = K \times X + L$ para la mezcla B2 se midió, Y es el ancho de la junta, K es la inclinación de la línea para B2, X es la cantidad aplicada de mezcla y L es una constante para una cantidad no aplicada de mezcla B2, ver figura 3. De este modo, el ancho de la junta de soldadura $Y = 0,626 + 10.807 \times (\text{cantidad aplicada de mezcla})$.

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

Los resultados en la Tabla 13 muestran que es posible usar B₄C, NiB y FeB como fuentes alternativas de boro. Cuando se usó NiB, la cantidad creada fue inferior que, para boro puro, sin embargo, se podría usar NiB si se desea un efecto de aleación de Ni.

Ejemplo 10 Pruebas de metales base

En el ejemplo 10, un gran número de diferentes metales base se probó. Todas las pruebas excepto para el acero dulce y una aleación Ni-Cu se probaron de acuerdo con la prueba Y.

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 piezas. Para cada muestra, la mezcla B2 con aglutinante S-20 se aplicó con un pincel de pintura. El peso de la cantidad añadida 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 unión se representa en la figura 6.

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

10

Tabla 14

Muestra de metal base N°.	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.

15

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

REIVINDICACIONES

1. Una mezcla para soldadura fuerte de juntas en productos de metales base y/o para el revestimiento de productos de metales base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación por encima de 1040 °C, comprendiendo dicha mezcla boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y el silicio se selecciona de una fuente de silicio, en donde la mezcla comprende boro y silicio en una relación de boro a silicio dentro de un intervalo de entre aproximadamente 15:100 en peso/en peso y 4:10 en peso/en peso y en donde la mezcla también comprende, al menos, un aglutinante seleccionado del grupo que consiste en disolventes, agua, aceites, geles, lacas, barniz, aglutinantes a base de monómeros y/o polímeros.
2. La mezcla de acuerdo con la reivindicación 1, en la que al menos un aglutinante se selecciona de entre poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno.
3. La mezcla de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en la que las partículas de la mezcla tienen tamaños de partícula inferior a 250 µm.
4. La mezcla de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que la fuente de boro se selecciona de entre boro, B₄C, B₄Si, NiB y FeB y la fuente de silicio se selecciona de entre silicio, FeSi, SiC y B₄Si.
5. Una mezcla de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que la mezcla comprende también polvos de metal base que tienen una temperatura de solidificación superior a 1040 °C.
6. Una mezcla de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la mezcla es una pintura.
7. Un producto intermedio para unir y/o revestir por soldadura fuerte, comprendiendo dicho producto placas y/o partes de productos de un metal base y una mezcla de boro y silicio, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación superior a 1040 °C y el producto intermedio tiene, al menos parcialmente, una capa superficial de la mezcla sobre el metal base, en donde la mezcla se define de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6.
8. Un producto intermedio de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el metal base tiene un espesor < 1 mm y la mezcla se aplica sobre el metal base en una cantidad media inferior a 2,9 mg/mm².
9. Un producto intermedio de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el metal base tiene un espesor ≥ 1 mm.
10. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que el aglutinante se selecciona de entre el grupo que consiste en poliésteres, polietileno, polipropileno, polímeros acrílicos, polímeros (meta)acrílicos, alcohol de polivinilo, acetato de polivinilo, poliestireno.
11. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que la mezcla comprende partículas que tienen un tamaño de partícula < 250 µm, preferentemente < 160 µm, más preferentemente, la mezcla comprende partículas de boro que tienen un tamaño de partícula < 50 µm.
12. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en el que la capa superficial se aplica como un polvo de la mezcla o por medios seleccionados de depósito de pulverización, deposición física de vapor o deposición química de vapor.
13. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que el metal base se selecciona de entre el grupo que consiste en aleaciones a base de hierro, aleaciones a base de níquel, aleaciones a base de cromo y aleaciones a base de cobre.
14. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que el metal base comprende desde aproximadamente el 15 hasta aproximadamente el 22 % en peso de cromo, de aproximadamente el 8 a aproximadamente el 22 % en peso de níquel, de aproximadamente el 0 a aproximadamente el 3 % en peso de manganeso, de aproximadamente el 0 a aproximadamente el 1,5 % en peso de silicio, opcionalmente, de aproximadamente el 1 a aproximadamente el 8 % en peso de molibdeno, y equilibrado con hierro.
15. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en el que la fuente de boro se selecciona dentro del grupo que consiste en boro, B₄C, B₄Si, NiB y FeB y la fuente de silicio se selecciona dentro del grupo que consiste en silicio, FeSi, SiC y B₄Si.
16. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 15, en el que el metal base y la capa superficial se han expuesto a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de la aleación de soldadura fuerte formada, e inferior a la temperatura de solidificación del metal base, y una capa de aleación de soldadura base se ha formado sobre la superficie del metal base.

17. Un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 16, en el que las placas están cortadas, formadas, presionadas o combinaciones de los mismos antes de la aplicación de la capa superficial, después de la aplicación de la capa superficial o después de formar la aleación de soldadura fuerte sobre la superficie del metal base.

18. Un producto intermedio ensamblado para soldadura fuerte que comprende uno o más productos intermedios de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 17, en donde al menos un producto intermedio tiene un espesor ≥ 1 mm y, en donde el producto intermedio ensamblado tiene al menos una capa superficial en contacto con una superficie de al menos un metal base o en contacto con al menos una capa superficial antes de la soldadura fuerte y, después de la soldadura fuerte, se obtiene(n) la(s) junta(s) de soldadura fuerte.

19. Un producto de soldadura fuerte ensamblado, obtenido por soldadura fuerte de un producto intermedio ensamblado de acuerdo con la reivindicación 18, en donde el producto intermedio ensamblado se suelda fuerte a una temperatura inferior a 1250 °C en un horno al vacío, en un gas inerte, en una atmósfera reductora o en combinaciones de los mismos, formando juntas de aleación de soldadura fuerte entre las placas apiladas o entre las superficies de contacto del producto intermedio ensamblado, formándose dicha aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y la mezcla y la aleación de soldadura en forma fundida se ha transportado por fuerzas capilares al área de la junta, principalmente desde áreas vecinas.

20. Un método para soldar fuerte un producto, comprendiendo dicho método de las siguientes etapas:

(i) aplicar una mezcla sobre las placas o partes de productos de un metal base, teniendo dicho metal base una temperatura de solidificación superior a 1040 °C, comprendiendo la mezcla boro y silicio, el boro se selecciona de una fuente de boro y el silicio se selecciona de una fuente de silicio, en donde la mezcla comprende boro y silicio en una relación de boro a silicio dentro de un intervalo de aproximadamente 15:100 en peso/en peso a aproximadamente 4:10 en peso/en peso,

(ii) obtener un producto intermedio de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 17;

(iii) exponer opcionalmente el producto intermedio obtenido en la etapa (ii) a una temperatura superior a la temperatura de solidificación de la aleación de soldadura fuerte de formación e inferior a la temperatura de solidificación del metal base y formando una capa de la aleación de soldadura fuerte sobre la superficie del metal base;

(iv) ensamblar o apilar el producto de la etapa (ii) o de la etapa (iii) con uno o más productos de acuerdo con la etapa (ii) o la etapa (iii), o ensamblar o apilar el producto con una o más partes que no tienen mezcla de silicio y boro, y formar un producto ensamblado o un producto apilado;

(v) soldar fuerte el producto ensamblado o apilado de la etapa (iv) a una temperatura inferior a 1250 °C en un horno al vacío, en un gas inerte, en una atmósfera reductora o en combinaciones de los mismos; y

(vi) obtener un producto soldado fuerte.

21. El método de acuerdo con la reivindicación 20, en el que el producto soldado fuerte obtenido en la etapa (vi) se proporciona con una(s) junta(s) obtenida(s) formando una aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y de la mezcla y transportando por fuerzas capilares la aleación de soldadura fuerte en una forma fundida hasta el área de la junta, principalmente desde áreas vecinas.

22. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 20 o 21, en el que la etapa (iv) el producto de la etapa (ii) o de la etapa (iii) se suelda fuerte a un metal base que tiene un espesor ≥ 1 mm o se suelda fuerte a un metal base que tiene un espesor ≥ 1 mm o se suelda fuerte a uno o más productos intermedios de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 18.

23. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el que el metal base tiene un espesor < 1 mm y la mezcla se aplica sobre el metal base en una cantidad media inferior a 2,9 mg/mm² calculado sobre silicio o boro.

24. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, en el que el producto soldado fuerte obtenido se selecciona de entre el grupo que consiste en intercambiadores de calor, reactores de placa, partes de reactores, partes de separadores, partes de decantadores, partes de bombas, partes de válvulas.

25. Un producto soldado fuerte obtenido por el método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, en el que la(s) junta(s) del producto soldado fuerte se obtiene(n) mediante una aleación de soldadura fuerte, formándose dicha aleación de soldadura fuerte en un proceso de fusión del metal base y la mezcla y la aleación de soldadura en forma fundida se ha transportado por fuerzas capilares al área de la junta, principalmente desde áreas vecinas.

26. Un producto soldado fuerte de acuerdo con la reivindicación 25, en el que los elementos encontrados en la aleación de soldadura fuerte, aparte de los elementos del metal base, son Si, B y opcionalmente C y en donde el metal base tiene una temperatura de solidificación superior a 1040 °C.

27. Un producto soldado fuerte de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 25-26, en donde el producto se selecciona de entre el grupo que consiste en intercambiadores de calor, reactores de placa, partes de reactores, partes de separadores, partes de decantadores, partes de bombas y parte de válvulas.

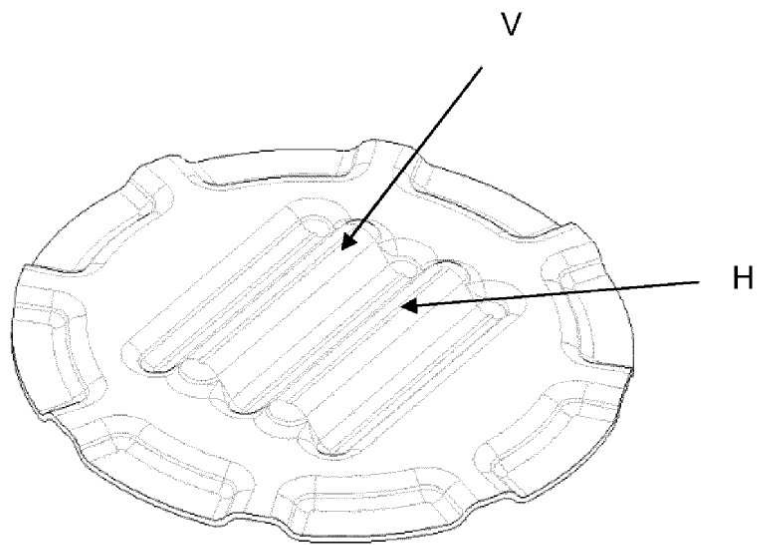


Figura 1

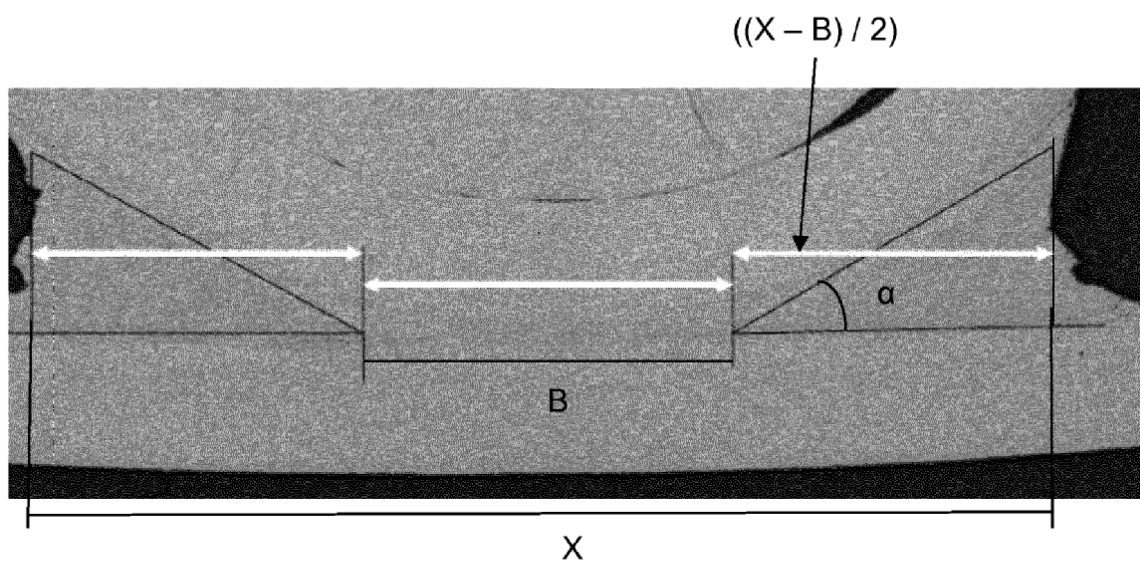


Figura 2

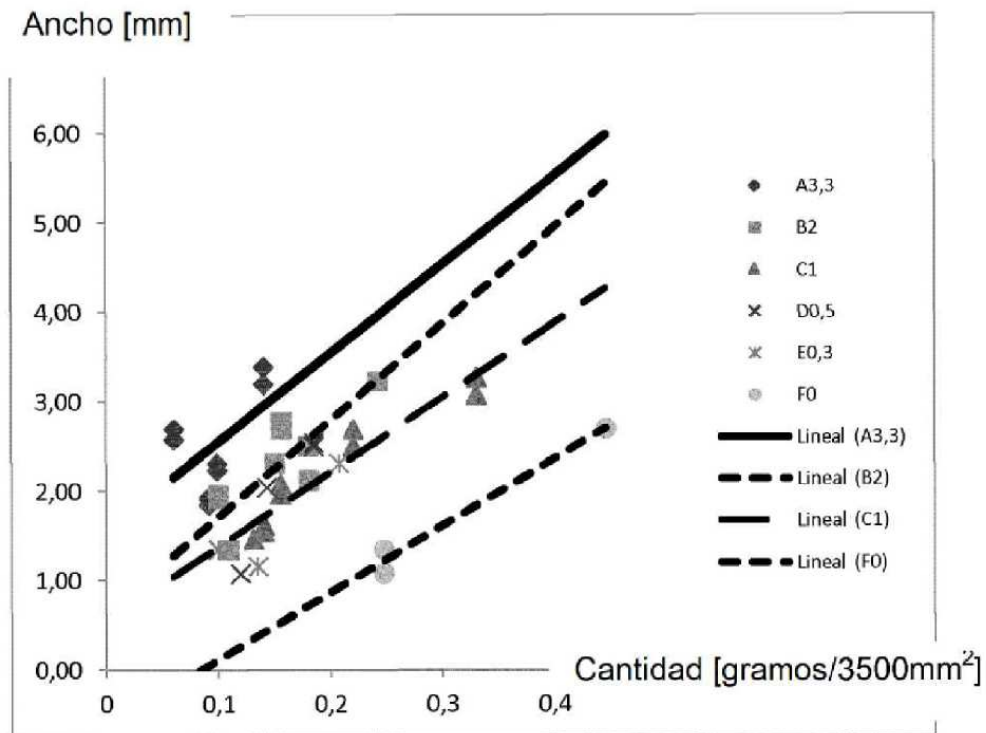


Figura 3

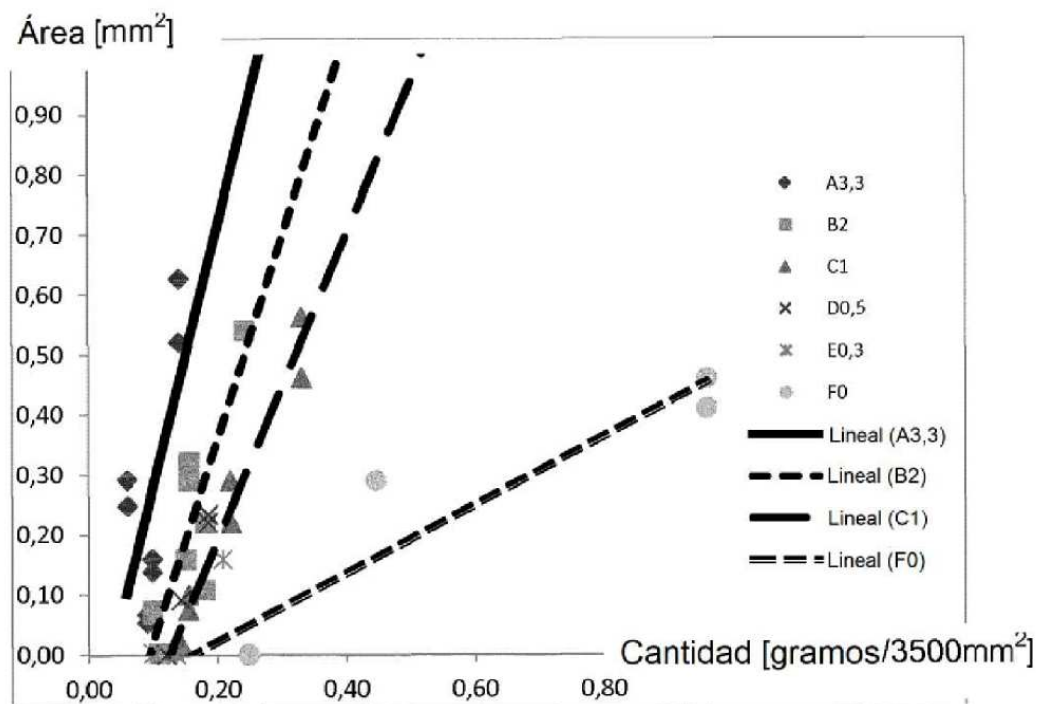


Figura 4

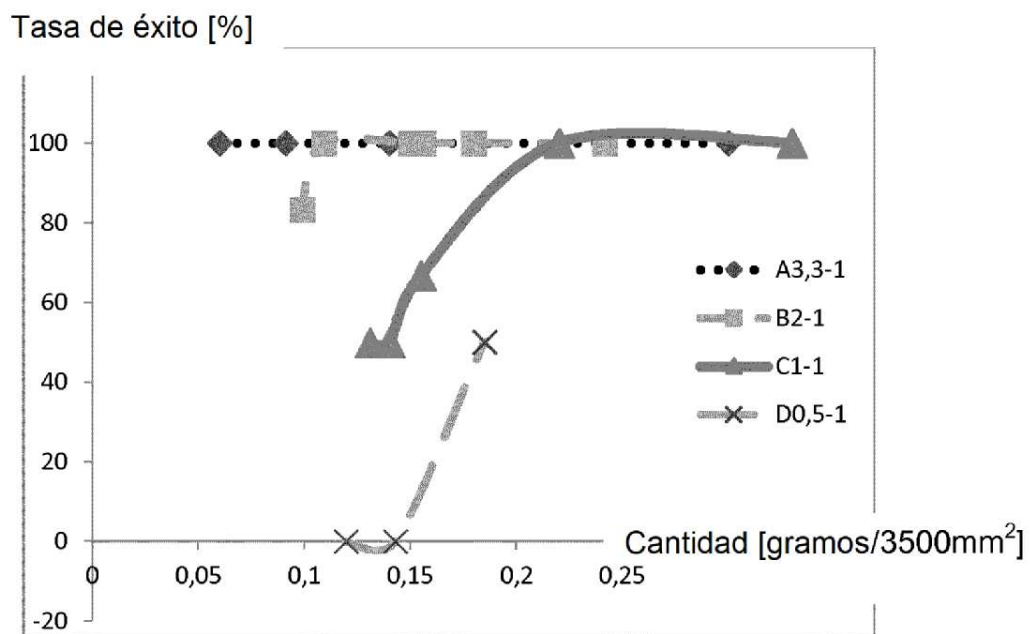


Figura 5

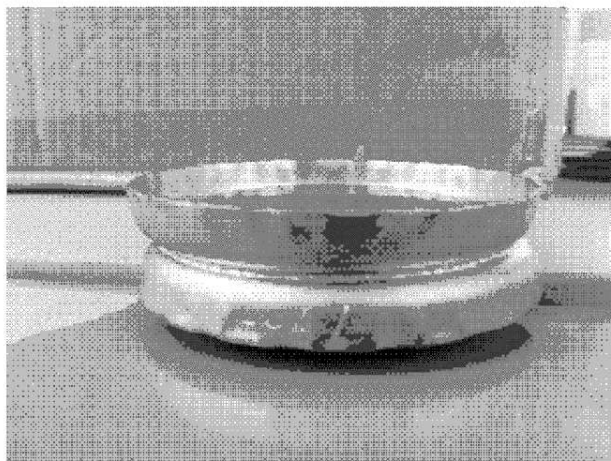


Figura 6