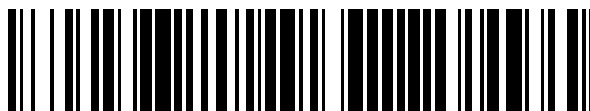


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 699 717**

51 Int. Cl.:

B23K 35/02 (2006.01)
B23K 35/30 (2006.01)
C22C 38/20 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01)
B22F 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.09.2010** **PCT/EP2010/063689**
87 Fecha y número de publicación internacional: **24.03.2011** **WO11033056**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2010** **E 10752847 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.08.2018** **EP 2477784**

54 Título: **Metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo**

30 Prioridad:

18.09.2009 DK 200970116
18.09.2009 US 243733 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
12.02.2019

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (100.0%)
Bruksgatan 35
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

PERSSON, ULRICA

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 699 717 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

Metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo

5 **Campo de invención**

Esta invención se refiere a un metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo adecuado para la soldadura fuerte de acero inoxidable y otros materiales en los que se requiere resistencia a la corrosión y una alta solidez. Ejemplos típicos de aplicaciones son los intercambiadores de calor y los catalizadores.

10

Antecedentes de la invención

La soldadura fuerte es un proceso para unir piezas metálicas con la ayuda de metal de aportación para soldadura fuerte y calor. La temperatura de fusión del metal de aportación para soldadura fuerte debe ser inferior a la temperatura de fusión del material de base pero superior a los 450°C. Si el metal de aportación para soldadura fuerte tiene una temperatura de soldadura fuerte inferior a los 450°C el proceso de unión se denomina soldadura. Los metales de aportación de soldadura fuerte más utilizados para soldar mediante soldadura fuerte aceros inoxidables son a base de cobre o níquel. Se prefieren los metales de aportación de soldadura fuerte a base de cobre si se consideran las ventajas en términos de costes mientras que se necesitan metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel en aplicaciones que tengan que hacer frente a una alta corrosión y solidez. Los metales de aportación de soldadura fuerte a base de cobre se utilizan por ejemplo normalmente para soldar mediante soldadura fuerte intercambiadores de calor para instalaciones de agua corriente y de calefacción urbana.

Los metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel con alto contenido en cromo se utilizan por su alta resistencia a la corrosión en aplicaciones expuestas a entornos corrosivos. Los metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel también pueden utilizarse en aplicaciones de alta temperatura de servicio y/o cuando se requiere una alta solidez en la aplicación. Una aplicación típica expuesta tanto a un entorno corrosivo como a una alta temperatura de servicio es el enfriador de recirculación de los gases de escape (EGR) en motores diésel para automoción. Los metales de aportación de soldadura fuerte para estas aplicaciones deben contar con determinadas propiedades para que puedan utilizarse tales como: resistencia a la corrosión, resistencia a la oxidación a alta temperatura, buena humectación del material de base, sin causar fragilidad del material de base durante la soldadura fuerte.

35 **Técnica relacionada**

En el estándar de la Sociedad Americana de Soldadura (ANSI/AWS A 5.8) se enumeran diferentes tipos de metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel. Muchos de estos metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel se utilizan para soldar mediante soldadura fuerte intercambiadores de calor. BNi-2 con la composición Ni-7Cr-3B-4,5Si-3Fe se utiliza para producir uniones de alta solidez en aplicaciones de alta temperatura. La presencia de boro es, sin embargo, una desventaja debido a que puede causar la fragilidad del material de base cuando el boro se difunde en el material de base. Otro metal de aportación para soldadura fuerte a base de níquel que contiene boro tiene la misma desventaja.

Para solucionar la desventaja del boro se han desarrollado otros metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel. BNi-5 (Ni-19Cr-10Si) tiene una alta resistencia a la corrosión debido al alto contenido en cromo. La temperatura de la soldadura fuerte para esta aleación es bastante elevada (1150-1200°C). Otros metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel que no contienen boro son BNi-6 (Ni-10P) y BNi7 (Ni-14Cr-10P). La temperatura de la soldadura fuerte para estos metales de aportación de soldadura fuerte es más baja debido al alto contenido de fósforo; 10% en peso. El alto contenido de fósforo (10% en peso) puede formar una unión por soldadura fuerte sin la solidez requerida debido al riesgo de que se formen fases quebradizas con contenido de fósforo.

Otro metal de aportación para soldadura fuerte a base de níquel se describe en la patente US6696017 y US6203754. Este metal de aportación para soldadura fuerte tiene la composición Ni-29Cr-6P-4Si y combina una alta solidez y una alta resistencia a la corrosión con una temperatura de soldadura fuerte relativamente baja (1050-1100°C). Este metal de aportación para soldadura fuerte se desarrolló especialmente para los enfriadores de EGR de nueva generación utilizados en entornos altamente corrosivos.

La desventaja con todos los metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel es el alto contenido de níquel de alto precio. El contenido de níquel es de al menos 60%, pero normalmente superior. El alto contenido en níquel en estos metales de aportación de soldadura fuerte hace que los metales de aportación de soldadura fuerte y la producción de intercambiadores de calor y catalizadores sean muy costosos.

Para solucionar la desventaja que suponen los costosos metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel se ha estudiado la posibilidad de utilizar metales de aportación de soldadura fuerte a base de hierro. En el mercado existen dos metales de aportación de soldadura fuerte a base de hierro. AlfaNova, descrito en la solicitud PCT

WO02098600, tiene una composición próxima al acero inoxidable con adición de silicio, fósforo y boro para reducir el punto de fusión del metal de aportación para soldadura fuerte. La temperatura de soldadura fuerte para esta aleación es de 1190°C.

Otro metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro, AMDRY805, descrito en el documento US20080006676 A1 tiene la composición Fe-29Cr-18Ni-7Si-6P. Esta aleación está libre de boro para solucionar la desventaja con el boro. La temperatura de soldadura fuerte para esta aleación es de 1176°C. El documento WO2009116931 se refiere a un metal de aportación para soldadura fuerte con un excelente comportamiento de humectación sobre el material de base de acero inoxidable. El metal de aportación para soldadura fuerte produce una unión por soldadura fuerte con alta solidez y buena resistencia a la corrosión. El metal de aportación para soldadura fuerte es adecuado para la soldadura fuerte del acero inoxidable y otros materiales en los que se requiere resistencia a la corrosión y una alta solidez, tales como intercambiadores de calor y catalizadores. Este polvo de metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo comprende: entre el 11 y el 35% en peso de cromo, entre el 0 y el 30% en peso de níquel, entre el 2 y el 20% en peso de cobre, entre el 2 y el 6% en peso de silicio, entre el 4 y el 8% en peso de fósforo, entre el 0 y el 10% en peso de manganeso, y al menos el 20% en peso de hierro. Un metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro, Fe24Cr20Ni10Cu7P5Si5Mn, está disponible comercialmente como BrazeLet™ F300 de Höganäs AB Suecia. Esta aleación contiene cobre para evitar la precipitación de fósforo y aumentar la resistencia a la corrosión. La temperatura de soldadura fuerte para esta aleación es de 1100°C.

La temperatura práctica más alta compatible con un crecimiento de grano limitado es de 1095°C, según el manual de especialidad de la ASM Stainless Steel, 1994, página 291. Por tanto se prefiere una temperatura de soldadura fuerte baja para evitar los problemas asociados con el crecimiento del grano, tal como una menor ductibilidad y una mayor dureza, en el material de base.

Sumario de la invención

Esta invención se refiere a un metal de aportación para soldadura fuerte de hierro que produce una unión por soldadura fuerte con alta solidez y buena resistencia a la corrosión.

El metal de aportación para soldadura fuerte puede proporcionarse en forma de polvo y la formación para dar el polvo del metal de aportación para soldadura fuerte puede llevarse a cabo usando métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, pueden prepararse polvos que tienen la composición definida en las reivindicaciones fundiendo una aleación homogénea y convirtiéndola en un polvo mediante un proceso de atomización. El tamaño medio de partícula del polvo puede oscilar entre 10 - 150 µm, normalmente entre 10 - 100 µm.

El polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según la invención es una aleación que contiene entre el 11% en peso y el 35% en peso de cromo, entre el 2% en peso y el 20% en peso de cobre, entre el 0% en peso y el 30% en peso de níquel y entre el 2% en peso y el 10% en peso de silicio, entre el 4% en peso y el 10% en peso de fósforo y al menos el 20% en peso de hierro. Si Si es igual a o inferior al 6% en peso entonces P es superior al 8% en peso. Si P es inferior o igual al 8% en peso entonces Si es superior al 6% en peso. Según una realización, Si es superior al 6% en peso y hasta el 10% en peso y P entre el 6% en peso y el 10% en peso. Según otra realización, Si es superior al 6% y hasta el 10% en peso y P entre el 8% en peso y el 10% en peso. El metal de aportación para soldadura fuerte puede también contener manganeso hasta el 10% en peso. El metal de aportación para soldadura fuerte es adecuado para la producción de catalizadores e intercambiadores de calor.

Descripción detallada de la invención

Esta invención se refiere a un metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo con excelente humectación en acero inoxidable. El metal de aportación para soldadura fuerte produce uniones por soldadura fuerte de alta solidez con buena resistencia a la corrosión y su coste es significativamente más bajo en comparación con metales de aportación de soldadura fuerte a base de níquel. Este metal de aportación para soldadura fuerte es adecuado para diferentes tipos de soldadura fuerte de intercambiadores de calor y catalizadores con un coste significativamente más bajo que los metales de aportación de soldadura fuerte convencionales a base de níquel.

El uso típico para este metal de aportación para soldadura fuerte son aplicaciones de alta temperatura que funcionan en entornos corrosivos. Estas aplicaciones pueden ser diferentes tipos de intercambiadores de calor (de placas o tubulares) que se utilizan en aplicaciones de automoción, por ejemplo recirculación de los gases de escape. Otros ejemplos son los catalizadores de diferentes tipos.

La composición del metal de aportación para soldadura fuerte según esta invención es

Hierro con un contenido de al menos el 20% en peso

Cobre el 2-20% en peso, preferiblemente el 5-15% en peso

Cromo el 11-35% en peso, preferiblemente el 20-30% en peso

Níquel el 0-30% en peso, preferiblemente el 10-20% en peso

5 Silicio el 2-10% en peso

Fósforo el 4-10% en peso

10 y si Si es igual o inferior al 6% en peso entonces P es superior al 8% en peso
y si P es inferior o igual al 8% en peso entonces Si es superior al 6% en peso.

Esto significa que o bien el contenido de Si es superior al 6% en peso o el contenido de P es superior al 8% en peso o ambos, es decir, el contenido de Si es superior al 6% en peso y el contenido de P es superior al 8% en peso.

15 Según una realización, Si es superior al 6% en peso y hasta el 10% en peso y P entre el 6% en peso y el 10% en peso. Según una segunda realización, Si es superior al 6% y hasta el 10% en peso y P entre el 8% en peso y el 10% en peso. Pueden estar presentes otros componentes distintos a los enumerados.

20 El metal de aportación para soldadura fuerte puede opcionalmente contener manganeso hasta el 10% en peso, normalmente menos del 7% en peso.

25 Se reconoce que puede ser ventajoso para la composición de los componentes principales del metal de aportación para soldadura fuerte ser similar a la composición del material de base de acero inoxidable. Ejemplos de grados de acero inoxidable son 316L que tiene una composición típica de Fe-17 Cr-13,5 Ni-2,2 Mo y 304L, que tiene una composición típica de Fe-18,8 Cr-11,2 Ni. Todo acero inoxidable contiene por definición un mínimo del 11% de cromo y pocos aceros inoxidables contienen más de 30% de cromo. Se requiere un contenido en cromo superior al 11% para la formación de la capa protectora de óxido de cromo que proporciona al acero sus características de resistencia a la corrosión. A mayor contenido en cromo, mejor resistencia a la corrosión pero contenidos superiores al 35% pueden provocar la disminución en la solidez de la unión. Por tanto el contenido de cromo es de entre el 11% y el 35% en peso, preferiblemente del 20-30% en peso.

35 Para reducir el punto de fusión de la aleación, se añaden reductores del punto de fusión. Es bien sabido que el silicio, boro y fósforo son eficaces reductores del punto de fusión. Estudiando el diagrama de fases para Fe-P se encuentra que el sistema tiene un punto de fusión mínimo de 1100°C a aproximadamente el 10% en peso de fósforo. El sistema Fe-Si tiene un punto de fusión de 1380°C al 10% en peso de Si y un punto de fusión mínimo de aproximadamente 1210°C a aproximadamente el 19% en peso de Si. Contenidos de fósforo y silicio superiores al 10% en peso cada uno, no son deseables debido a que el riesgo de formación de una fase quebradiza es demasiado alto. En las patentes US6696017 y US6203754 se menciona que el contenido de Si+P debe estar entre el 9% y el 11,5% en peso. En caso de que la aleación tenga un contenido total de Si y P superior al 11,5% en peso la aleación se vuelve frágil y la solidez se reduce.

45 Sorprendentemente se ha encontrado que el cobre reduce la difusión del silicio y el fósforo al interior del material de base durante la operación de soldadura fuerte. También se evita la precipitación de fósforo en el borde de grano en el material de base, lo que significa que se evita la fragilidad del material de base. Además, esto significa que puede utilizarse una cantidad total superior de Si y P, en combinación con Cu para aumentar la solidez de la unión por soldadura fuerte. Cuando se requiere una alta solidez se prefiere por tanto mantener un contenido alto de fósforo y silicio. La cantidad total de Si y P en un Cu que contiene material de soldadura fuerte puede por tanto ser superior al 20% en peso.

50 Por tanto, si Si es igual a o inferior al 6% en peso, P es superior al 8% en peso y si P es inferior o igual al 8% en peso, Si es superior al 6% en peso. Además, Si+P deben ser superiores al 10% en peso y normalmente Si+P estarán por encima del 14% en peso.

55 También se encontró inesperadamente que la presencia de cobre tiene un efecto positivo sobre la resistencia a la corrosión de las uniones soldadas en H₂SO₄ al 10%. Se cree que es necesario un 2% en peso de cobre para obtener el efecto positivo del cobre. El contenido de cobre del metal de aportación para soldadura fuerte cubierto por esta invención debe ser inferior al 20% en peso con el fin de no diferir demasiado en la química del material de base que va a someterse a soldadura fuerte. Por tanto el contenido de cobre es de entre el 2 y el 20% en peso, preferiblemente el 5-15% en peso.

60 El sistema Fe-B tiene un punto de fusión mínimo de 1174°C a aproximadamente el 4% en peso de boro. Sin embargo, el boro tiene la desventaja de causar fragilidad en el componente sometido a soldadura fuerte. El boro es intersticial y debido a su pequeño diámetro puede esparcirse rápidamente al interior de la estructura reticular del material de base y formar la fase CrB frágil. Debido a la difusión del boro se eleva la temperatura de refusión de la aleación, lo que en algunos casos tiene un efecto deseable. El documento US4444587 describe cómo el manganeso puede ser un buen sustituto del boro ya que el manganeso también reduce el punto de fusión. Un 10-30% en peso

del manganeso junto con silicio y carbono reducirá, en el sistema a base de hierro, la temperatura de fusión en más de 200°C. En segundo lugar, el manganeso se vaporizará casi completamente durante el ciclo de soldadura fuerte, lo que permitirá elevar la temperatura de refusión pero sin el riesgo de formar ninguna fase frágil como CrB.

El níquel estabiliza la austenita, lo que aumenta la resistencia a la oxidación de la aleación. El níquel también aumenta la dureza de la unión por soldadura fuerte. Mirando al diagrama de fases terciario para Cr-Fe-Ni puede verse que el níquel también tiene un efecto reductor del punto de fusión. Con el 30% en peso de Cr y el 20% en peso de Ni el punto de fusión del sistema Cr-Fe-Ni es de aproximadamente 1470°C según el manual de especialidad de la ASM Stainless Steel. El contenido de níquel del metal de aportación para soldadura fuerte relacionado con esta invención debe ser inferior al 30% en peso para minimizar el coste del metal de aportación para soldadura fuerte.

El metal de aportación para soldadura fuerte según esta invención está en forma de polvo y puede producirse mediante atomización o bien con gas o bien con agua. El metal de aportación para soldadura fuerte puede utilizarse en la forma de polvo o convertirse en una pasta, cinta, lámina u otras formas mediante métodos convencionales. Dependiendo de la técnica de aplicación, se necesita una distribución del tamaño de partícula diferente pero el tamaño medio de partícula del polvo de metal de aportación para soldadura fuerte es de 10-100 µm.

El metal de aportación para soldadura fuerte es adecuado para soldadura fuerte en horno de vacío usando vacío ($<10^{-3}$ Torr). El metal de aportación para soldadura fuerte tiene un punto de fusión inferior a 1100°C y produce uniones a una temperatura de soldadura fuerte de 1120°C que tienen una alta solidez y una buena resistencia a la corrosión sin ningún crecimiento del grano observado.

El metal de aportación para soldadura fuerte en forma de pasta, cinta, lámina u otras formas se coloca en el intersticio o en el intersticio entre las superficies del material de base que van a unirse. Durante el calentamiento, el metal de aportación para soldadura fuerte se funde y mediante fuerzas capilares el metal de aportación para soldadura fuerte fundido humecta la superficie del material de base y fluye al interior del intersticio. Durante el enfriamiento se forma una unión de soldadura fuerte sólida. Debido a que el metal de aportación para soldadura fuerte actúa por fuerzas capilares la humectación del metal de aportación para soldadura fuerte sobre el material de base que va a someterse a soldadura fuerte es crucial. El metal de aportación para soldadura fuerte cubierto por esta invención tiene excelente humectación sobre el material de base de acero inoxidable. El metal de aportación para soldadura fuerte también tiene una buena tolerancia de anchura de intersticio y puede soldar mediante soldadura fuerte intersticios superiores a 500 µm.

Las uniones realizadas por soldadura fuerte con el metal de aportación para soldadura fuerte según esta invención, tienen una microestructura que consiste en una mezcla homogénea de fases ricas en Cr-P y fases ricas en Ni-Fe-Si-Cu. Sorprendentemente, se ha encontrado que la difusión de silicio y fósforo estaba limitada por la presencia de cobre en el metal de aportación para soldadura fuerte. La precipitación de fósforo en los bordes de grano en el material de base también se impedía por la presencia de Cu. Los metales de aportación de soldadura fuerte sin cobre tenían una zona de difusión más amplia en el material de base y también había precipitación de fósforo en los bordes de grano lo que puede provocar fragilidad del material de base.

Ejemplos:

Como materiales de referencia se usaron dos metales de aportación de soldadura fuerte a base de hierro; Fe₂₄Cr₂₀Ni₁₀Cu₇P₅Si₅Mn (denominado referencia 1) y Fe₂₉Cr₁₈Ni₇Si₆P (denominado referencia 2).

La referencia 1 es un metal de aportación de soldadura fuerte a base de hierro, BrazeLet™ F300, producido por Höganäs AB. La referencia 2 es un metal de aportación de soldadura fuerte a base de hierro descrito en solicitud de patente US2008006676.

Además, se prepararon mediante atomización con agua tres metales de aportación de soldadura fuerte diferentes según la invención.

La tabla 1 muestra la composición real de los metales de aportación de soldadura fuerte producidos. La cantidad de cada componente se proporciona en porcentaje en peso. La expresión "res" (resto) significa que el material restante en la masa fundida consiste en Fe. Según la invención, el polvo de metal de aportación comprende al menos el 20% en peso de Fe, y los componentes restantes se ajustan dentro de los límites indicados con el fin de que sumen el 100% en peso. Los oligoelementos son el resultado de impurezas inevitables provocadas por el método de producción y están presentes en una cantidad tan pequeña que no influyen en las propiedades del material de aportación para soldadura fuerte. Los oligoelementos están presentes normalmente en una cantidad total inferior al 1% en peso.

Un primer criterio que debe cumplirse para el material de aportación para soldadura fuerte es que la temperatura de soldadura fuerte debe ser preferiblemente de 1100°C o inferior. En la tabla 1 puede observarse que la temperatura a la que se funde el metal de aportación para soldadura fuerte y produce soldadura fuerte se ve afectada por el cobre. La referencia 2 no se funde a 1100°C.

Los métodos usados para someter a prueba las propiedades son los siguientes:

1) Prueba de humectación

Se colocó el metal de aportación para soldadura fuerte (0,2 gramos) en forma de círculo con un diámetro de 9 mm en el centro de un sustrato de acero inoxidable. El área cubierta por el polvo, el área de polvo inicial (A_i) era de 63,6 mm². Se calentaron entonces los sustratos con el metal de aportación para soldadura fuerte a 1100°C durante 30 min. en un vacío de 10^{-4} Torr. La humectación se determinó en términos de razón de extensión definida como: $S = A_m/A_i$

donde A_m es el área del metal de aportación fundido y A_i es el área de polvo inicial.

A partir de la tabla 2 puede verse que los metales de aportación de soldadura fuerte con alto contenido en cobre (referencia 1) tienen muy buena humectación. El metal de aportación para soldadura fuerte cubierto por esta invención (aleación 1, 2 y 3) tiene una humectación moderada.

2) Examen metalográfico

El metal de aportación para soldadura fuerte se convirtió en una pasta mezclando el polvo de metal con un aglutinante. Se usó acero inoxidable 304 como material de base. Se sometieron a soldadura fuerte muestras en T, según la figura 1 a 1100°C durante 30 min. en vacío de 10^{-4} Torr. Tras someterlas a soldadura fuerte se cortaron en sección transversal las muestras en T. Se investigó el área de sección transversal de la unión por soldadura fuerte en un microscopio óptico con luz. Se identifica una buena unión de soldadura fuerte como una unión libre de poros y grietas con una microestructura homogénea.

Como puede observarse en la tabla 2 la aleación del metal de aportación para soldadura fuerte según esta invención (aleación 1, 2 y 3) forma una microestructura homogénea con difusión limitada de elementos al interior del material de base y sin precipitación de fósforo en los bordes de grano. Significativamente se encontró más difusión al interior del material de base al utilizar metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro sin cobre (referencia 2).

3) Solidez de la unión

Se sometió a prueba la solidez de la unión usando procedimientos similares a los recomendados en ANSI/AWS C3.2M/C3.2.2001 para la configuración de unión de tipo de traslape con 100 µm de holgura en paralelo (véase la figura 2). Antes de realizar la soldadura fuerte se convirtió el metal de aportación para soldadura fuerte en una pasta mezclando el metal de aportación para soldadura fuerte con un aglutinante. Se calentaron entonces las muestras de solidez de la unión con la pasta aplicada a 1100°C durante 30 min. en vacío de 10^{-4} Torr.

A partir de la tabla 2 puede verse que se obtiene la mayor solidez para las aleaciones con el mayor contenido de Si+P; aleación 1, 3. Incluso la aleación 2 tiene una solidez significativamente mayor que la referencia 1 con un menor contenido de Si+P. Esto prueba, al contrario de lo que se creía, que un alto contenido en silicio y fósforo en combinación con Cu tiene como resultado una alta solidez.

4) Pruebas de corrosión

Se investigó la resistencia a la corrosión colocando las muestras en T realizadas mediante soldadura fuerte en vasos que contenían medios de corrosión durante una semana. A continuación, se inspeccionaron las muestras para determinar signos de corrosión. Se produjeron un total de 5 muestras realizadas mediante soldadura fuerte: una para cada aleación. Los medios de corrosión utilizados fueron disoluciones acuosas del 10% en peso de H₂SO₄.

Los resultados se encuentran en la tabla 2. La aleación 1-3 y la referencia 2 mostraron signos de ataque de corrosión pero la referencia 2 fue la más afectada. Comparando la referencia 2 con las otras aleaciones a base de hierro se prueba el efecto positivo de Cu en lo que respecta la resistencia a la corrosión en un material de soldadura fuerte a base de hierro-cromo. Comparando las aleaciones cubiertas por esta invención (aleación 1, 2 y 3) y la referencia 1 se muestran las ventajas de un mayor contenido de cromo cuando se trata de la resistencia a la corrosión.

Tabla 1 Química y temperatura de fusión de los metales de aportación de soldadura fuerte sometidos a prueba.

Aleación		Fe	Cu	Cr	P	Si	Ni	Mn	Si+P	Fusión a 1100°C
1	Inv.	res	5,3	15,3	7,4	9,4	11	0	16,8	Sí
2	Inv.	res	5,1	15,2	9,2	4,9	10,1	0	14,1	Sí
3	Inv.	res	5,1	15,1	8,5	7,1	9,9	0	15,6	Sí

ES 2 699 717 T3

Referencia 1	Ref.	res	10	24	7	5	10	5	12	Sí
Referencia 2	Ref.	res	0	28	7	6	18	0	13	No

Tabla 2 Resultados de la prueba de humectación, examen metalográfico, prueba de solidez de la unión y pruebas de corrosión.

Aleación		Razón de extensión	Solidez de la unión (N/mm ²)	Corrosión en uniones de soldadura fuerte	Difusión de elementos y precipitación de P
1	Inv.	15	105	Alguna	Dif. limitada, sin precip.
2	Inv.	20	88	Alguna	Dif. limitada, alguna precip.
3	Inv.	23	110	Alguna	Dif. limitada, sin precip.
Referencia 1	Comp.	40	77	Ninguna	Sin dif., sin precip.
Referencia 2	Comp.	15	93	Grave	Difusión, sin precip.

REIVINDICACIONES

1. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo adecuado para la soldadura fuerte de material de base de acero inoxidable, caracterizado porque comprende:
entre el 11 y el 35% en peso de cromo,
entre el 0 y el 30% en peso de níquel,
entre el 2 y el 20% en peso de cobre,
entre el 2 y el 10% en peso de silicio,
entre el 4 y el 10% en peso de fósforo,
entre el 0 y el 10% en peso de manganeso,
oligoelementos en una cantidad inferior al 1% en peso
siendo el resto al menos un 20% en peso de hierro,
y si Si es igual a o inferior al 6% en peso entonces P es superior al 8% en peso
y si P es inferior o igual al 8% en peso entonces Si es superior al 6% en peso.
2. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según la reivindicación 1, en el que el contenido de Si es superior al 6% en peso e inferior o igual al 10% en peso.
3. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según la reivindicación 1 o 2, en el que el contenido de P es superior al 6% en peso e inferior o igual al 10% en peso.
4. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el contenido de P es superior al 8% en peso e inferior o igual al 10% en peso.
5. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el contenido de níquel es de entre el 10 y el 20% en peso.
6. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el contenido de cobre es de entre el 5 y el 15% en peso.
7. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que el contenido de manganeso es inferior al 7% en peso.
8. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el contenido de cromo es de entre el 20 y el 30% en peso.
9. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que el contenido de cromo es de entre el 11 y el 20% en peso.
10. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquier reivindicación anterior, en el que el polvo de metal de aportación para soldadura fuerte de base de hierro tiene un tamaño de partículas medio de 10-100 µm.
11. Polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquier reivindicación anterior, en el que metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro se convierte en pasta, cinta, lámina u otras formas mediante métodos convencionales.
12. Uso de un polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-11 para soldadura fuerte en horno.
13. Uso de un polvo de metal de aportación para soldadura fuerte según cualquiera de las reivindicaciones 1-11 para soldar mediante soldadura fuerte intercambiadores de calor y catalizadores.
14. Fabricación de productos soldados mediante soldadura fuerte de materiales de base a base de hierro caracterizada porque los materiales a base de hierro van unidos mediante un polvo de metal de aportación para soldadura fuerte a base de hierro-cromo según cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

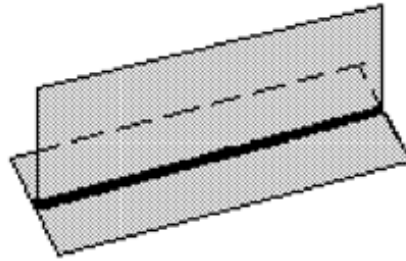
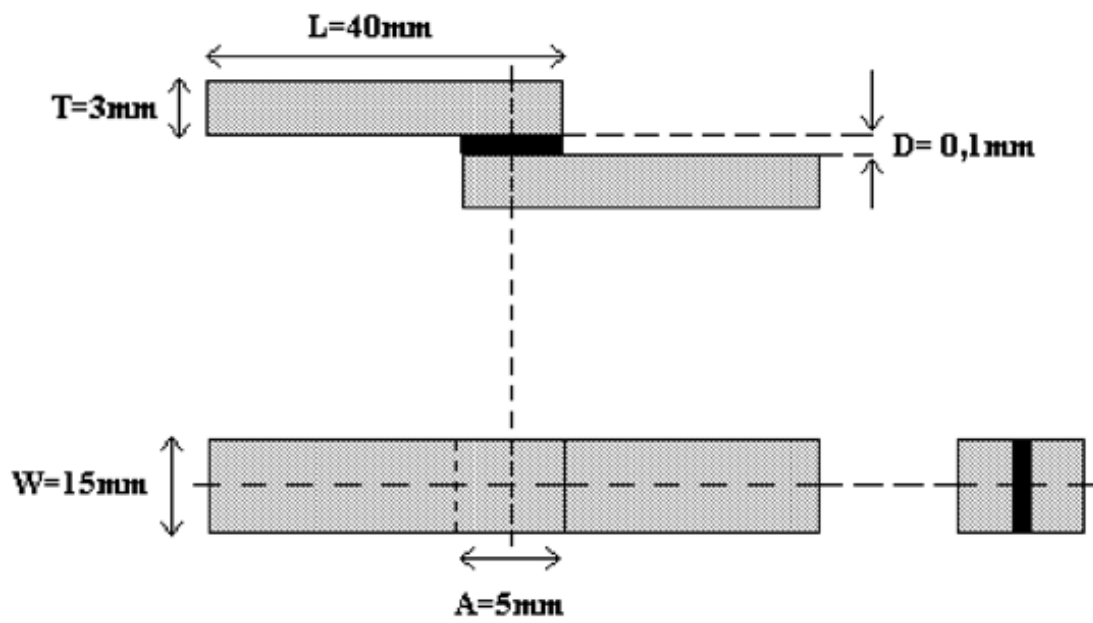


Fig. 1



A= unión de traslape
W= anchura
T= grosor
D= holgura de la juntura
L= longitud

Fig. 2