

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 423 307**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30 (2006.01)
B23K 35/02 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/34 (2006.01)
C22C 38/42 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
C22C 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2008 E 08873900 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013 EP 2272619**

54 Título: **Metales de relleno para soldadura fuerte basados en hierro resistentes al calor y a la corrosión**

30 Prioridad:

18.04.2008 JP 2008108683

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.09.2013

73 Titular/es:

FUKUDA METAL FOIL & POWDER CO., LTD.
(100.0%)
176 Nakanono-cho, Matsubara-dori, Muromachi
Nishi-iru, Shimogyo-ku
Kyoto-shi Kyoto 600-8435, JP

72 Inventor/es:

OTOBE, KATSUNORI y
NAGAI, SHOZO

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 423 307 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

Metales de relleno para soldadura fuerte basados en hierro resistentes al calor y a la corrosión

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a una composición de aleación de material de soldadura fuerte basado en hierro, más específicamente a un material para soldadura fuerte basado en hierro resistente a la corrosión y al calor que tiene excelentes resistencia al calor y resistencia a la corrosión, buena humectabilidad frente a materiales base de acero inoxidable y alta resistencia y requiere bajo coste, que se usa para la soldadura fuerte de diversas piezas de materiales base de acero inoxidable (especialmente ferríticos) y similares en la preparación de diversos intercambiadores de calor tales como refrigeradores EGR (recirculación de gases de escape).

15 **Técnica anterior**

Los materiales de soldadura fuerte basados en Ni-Cr-P-Si de los siguientes Documentos de Patente 1 y 2, que ya se habían sugerido por los presentes inventores, se usan ampliamente para la soldadura fuerte de piezas de acero inoxidable en la producción de diversos intercambiadores de calor tales como refrigeradores EGR.

20 Documento de Patente 1: Documento de Patente Japonesa Nº 3168158
Documento de Patente 2: Documento de Patente Japonesa Nº 3354922

Sin embargo, en los últimos años, debido a la circunstancia de que la clase de acero inoxidable que se usa como material base en las piezas está cambiando de austenítico a ferrítico, se ha observado en algunos de los materiales de soldadura fuerte basados en Ni-Cr-P-Si de los documentos de patente mencionados anteriormente la desventaja de que la estructura (cristalitas) del material base queda engrosada después de la soldadura fuerte cuando se usa para un material base de acero inoxidable ferrítico, con lo que disminuye la resistencia de la pieza soldada. Se ha descubierto que este engrosamiento de la estructura está causado por la cantidad de Cr contenida en el material de soldadura de Ni, y que la cantidad de Cr se debe reducir a menos de un 20% en peso.

Además, debido a la reciente escalada de los costes del Ni metálico y del Cr metálico, se han elevado los costes de los materiales de soldadura fuerte de Ni, y se desea especialmente un material de soldadura fuerte de bajo coste con un descenso de la cantidad de Ni. Dado que un material de soldadura fuerte basado en hierro para intercambiadores de calor basados en Fe tiene un bajo coste, se divulga en los siguientes Documentos de Patente 3 a 6. Sin embargo, algunas composiciones entre las composiciones que se muestran en los ejemplos del Documento de Patente 3 no son prácticas debido a su elevada temperatura de fusión, baja resistencia y similares. Se espera que, cuando se lleva a cabo la soldadura fuerte en un material base de acero inoxidable ferrítico, la estructura (cristalitas) del material base puede quedar engrosada y la resistencia de la pieza de soldadura puede disminuir dado que el material base contiene Cr en un 20% en peso o superior, aunque esto no se puede demostrar en el Documento de Patente 4 dado que el documento no incluye ningún ejemplo.

Documento de Patente 3: Documento de Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública Nº 2004-512964

Documento de Patente 4: Documento de Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública Nº 2008-12592

Documento de Patente 5: Documento WO 2008/060225 A1

Documento de Patente 6: Documento WO 02/38327 A1

50 **Divulgación de la invención**

Problemas a solucionar por la invención

La presente invención se centra en los problemas mencionados anteriormente y se dirige a proporcionar un material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión que se pueda soldar a una temperatura práctica (1120 °C o inferior) para la soldadura fuerte de diversas piezas de acero inoxidable, especialmente piezas de material base de acero inoxidable ferrítico, tenga una buena humectabilidad frente al material base, no cause el engrosamiento de la estructura del material base, tenga una excelente resistencia a la corrosión frente a ácido sulfúrico y ácido nítrico, pueda proporcionar una alta resistencia, y requiera bajos costes.

60 **Medios para resolver los problemas**

Para resolver los problemas mencionados anteriormente, los presentes inventores pensaron que los problemas se pueden resolver mediante la reciente revisión de los intervalos eficaces de los componentes del material de soldadura de Ni que tiene una composición de Ni-Cr-P-Si divulgada en el Documento de patente 2 mencionado anteriormente y la mejora del material de soldadura fuerte mediante el descubrimiento de componentes principales y componentes adicionales eficaces que mejoren adicionalmente las propiedades, construyendo de ese modo una

composición de material de soldadura fuerte que tenga mejores propiedades, e investigaciones continuadas.

5 Como resultado, se descubrió que el engrosamiento de la estructura del material base (cristalitas) en la soldadura fuerte de un material base de acero inoxidable ferrítico se puede eliminar mediante la disminución de la cantidad de Cr hasta un 20% en peso o inferior en una aleación de material de soldadura fuerte basado en hierro, el coste puede disminuir usando Fe como componente principal y disminuir la cantidad del caro Ni hasta una cantidad eficaz, y se puede aumentar la resistencia de la aleación del material de la soldadura fuerte. Es decir, los inventores no se han preocupado de la categoría de los materiales convencionales de soldadura fuerte de Ni y han construido una nueva aleación de material de soldadura fuerte usando Fe-Cr-Ni como componente principal, han descubierto además los intervalos de la cantidad de Si, de la cantidad de P y de la cantidad total de Si y P que disminuyen la temperatura de fusión de la aleación hasta una temperatura que permite su uso como material de soldadura fuerte, y han descubierto que la resistencia a la corrosión mejora adicionalmente mediante la adición de Mo y Cu.

15 Es decir, la presente invención es un material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión que contiene de un 30 a un 75% en peso de Fe, un 35% en peso o inferior de Ni y de un 5 a un 20% en peso de Cr en una cantidad total de Ni y Cr de un 15 a un 50% en peso, y un 7% en peso o inferior de Si y de un 4 a un 10% en peso de P en una cantidad total de Si y P de un 9 a un 13% en peso, y de un 0,3 a un 5% en peso de opcionalmente un 0,5 a un 5% en peso de Mo, opcionalmente una o más clases seleccionadas entre Mn, W, Co, Nb, V y Ta en una cantidad total de un 0,01 a un 5% en peso y/o al menos una clase de Al, Ca, Ti, Zr y Hf en una cantidad de un 0,001 a un 1% en peso y/o al menos una clase de C y B en una cantidad de un 0,001 a un 0,2% en peso, y que tiene una temperatura de liquidus de 1100 °C o inferior y que tiene una temperatura de liquidus de 1100 °C o inferior. Cu. Preferentemente, el material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión contiene, y de un 1 un 7% en peso de Mo y Cu en cantidad total. En otra realización, el material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión contiene.

25

Efecto de la invención

30 Dado que el material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de la presente invención tiene las siguientes características, el material de soldadura fuerte exhibe un efecto en la aplicación de diversos intercambios de calor y similares, tales como refrigeradores EGR.

- (1) Dado que la temperatura de liquidus es de 1100 °C o inferior, la soldadura se puede llevar a cabo una temperatura práctica (1120 °C o inferior).
- (2) Dado que temperatura de solidus es de 1000 °C o superior, la resistencia al calor es buena.
- 35 (3) La resistencia de la aleación del material de soldadura fuerte en sí misma es alta.
- (4) La humectabilidad-extensibilidad frente a diversas especies de acero inoxidable es buena.
- (5) La resistencia a la corrosión frente al ácido sulfúrico y al ácido nítrico es excelente.
- (6) La estructura del material base (cristalitas) no queda engrosada después de la soldadura ni siquiera en acero inoxidable ferrítico, y se puede obtener una alta resistencia.

40

Mejor modo de llevar a cabo la invención

45 La razón por la que los intervalos de las cantidades de los respectivos componentes se limitan como se ha indicado anteriormente en la presente invención se describe a continuación.

El material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de la presente invención se ha conseguido disminuyendo la temperatura de fusión básicamente mediante una reacción eutéctica entre una solución sólida de Fe-Cr-Ni y un compuesto intermetálico de estos elementos y Si y P, ajustando el balance entre los elementos constitutivos, y constituyendo los intervalos de los componentes en los que la temperatura de fusión y diversas propiedades (resistencia al calor, resistencia a la corrosión, resistencia y similares) son buenas.

Dado que el Ni mejora la resistencia al calor, la resistencia a la corrosión y la resistencia de la aleación mediante su disolución en Fe-Cr para formar una solución sólida de Fe-Cr-Ni, es preferente incorporar tanto Ni como sea posible, pero cuando la cantidad de Ni excede de un 35% en peso, se forma un compuesto P que tiene una baja resistencia que disminuye la resistencia de la aleación de material de soldadura fuerte, con lo que aumenta el coste. Aunque la temperatura de liquidus del presente material de soldadura fuerte aumenta cuando disminuye la cantidad de de Ni, se pueden obtener las propiedades objetivo incluso en el caso en el que la cantidad de Ni sea de un 0% en peso. Por la razón mencionada anteriormente, la cantidad de Ni se limita a un 35% en peso o inferior, preferentemente de un 10 a un 35% en peso.

60

El Cr es un componente estándar en el material de soldadura fuerte del presente material de soldadura fuerte de forma similar al Ni y es un componente importante que forma una solución sólida de Fe-Cr o de Fe-Cr-Ni que aumenta la resistencia al calor, la resistencia a la corrosión y la resistencia de la aleación, pero se descubrió que el Cr tiene un efecto problemático en la soldadura de materiales base de acero inoxidable ferrítico. Es decir, cuando la cantidad de Cr excede de un 20% en peso, la estructura del material base puede quedar engrosada después de la soldadura y la resistencia de la pieza puede disminuir. Cuando la cantidad de Cr es menos de un 5% en peso, la

65

resistencia a la corrosión empeora. Por la razón mencionada anteriormente, la cantidad de Cr se limita de un 5 a un 20% en peso. Además, es necesario que la cantidad total de Ni y Cr se ajuste de un 15 a un 50% en peso para mantener el equilibrio entre las propiedades del material de soldadura fuerte de la presente invención.

5 Si y P afectan decisivamente a la temperatura de fusión de la aleación mediante la reacción eutéctica con la solución sólida de Fe-Cr-Ni, y son componentes que también afectan a la propiedad de la soldadura fuerte (humectabilidad-extensibilidad sobre materiales base de acero inoxidable), resistencia a la corrosión y resistencia. Además, se descubrió que, en el presente material de soldadura fuerte, no solamente los intervalos individuales de Si y P sino también el intervalo de la cantidad total de Si y P proporcionan un efecto especialmente importante, y la temperatura
10 de liquidus aumenta y la resistencia disminuye en ambos casos cuando los valores están por debajo de los respectivos límites inferiores y en el caso en el que los valores son superiores a los respectivos límites superiores. En base a este punto de vista, los límites inferiores que se descubrieron son un 0% en peso para el Si, un 4% en peso para el P y un 9% en peso para el total de Si y P, y los límites superiores son un 7% en peso para el Si, un 10% en peso para el P, y un 13% en peso para el total de Si y P. Es decir, cuando los respectivos valores están por
15 debajo de los límites inferiores, se desarrolla una fuerte tendencia hipo-eutéctica y la temperatura de liquidus aumenta, y de ese modo la soldadura no se puede llevar a cabo a una temperatura objetivo. Alternativamente, cuando los respectivos valores son superiores a los límites superiores, no solamente aumenta la temperatura de liquidus debido a una fuerte tendencia hiper-eutéctica, sino que también disminuye considerablemente la resistencia de la aleación. Por la razón mencionada anteriormente, la cantidad de Si se limita a un 7% en peso o inferior, la
20 cantidad de P se limita de un 4 a un 10% en peso, y la cantidad total de Si y P se limita de un 9 a un 13% en peso. Además, es preferente que la cantidad total de Si y P se ajuste de un 10 a un 12% en peso de modo que se asegure la soldadura a una temperatura objetivo.

25 Los inventores han descubierto los efectos de Mo y Cu y el efecto sinérgico de Mo y Cu como componentes para mejorar adicionalmente la resistencia a la corrosión y la resistencia del material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión.

30 El Mo forma un compuesto junto con P y Si, principalmente, y mejora adicionalmente la resistencia a la corrosión y la resistencia, pero cuando la cantidad de Mo excede de un 5% en peso, se altera el equilibrio de la temperatura de fusión de la aleación, y la temperatura de liquidus puede aumentar hasta la temperatura objetivo o superior. Por la razón mencionada anteriormente, la cantidad de Mo se limita de un 0,5 a un 5% en peso.

35 El Cu es un componente eficaz que se disuelve en una solución sólida de Fe-Cr-Ni para aumentar adicionalmente la resistencia a la corrosión, pero cuando la cantidad de Cu excede de un 5% en peso, la resistencia de la aleación puede disminuir. Por la razón mencionada anteriormente, la cantidad de Cu se limita de un 0,3 a un 5% en peso. Para asegurar adicionalmente el efecto sinérgico de Mo y Cu en la resistencia a la corrosión, es preferente ajustar la cantidad total de Mo y Cu de un 1 a un 7% en peso.

40 El Fe es el componente base en el material de soldadura fuerte de la presente invención. La cantidad de Fe contenida en el material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de la presente invención es de un 30 a un 75% en peso.

45 Los inventores han investigado exhaustivamente otros componentes y en consecuencia han obtenido los siguientes descubrimientos. Es decir, la adición de incluso una o más clases de Mn, W, Co, Nb, V y Ta como otros componentes de un 0,01 a un 5% en peso en total, no afecta a las propiedades del material de soldadura fuerte. Además, han confirmado que es preferente disminuir las cantidades de Al, Ca, Ti, Zr y Hf como impurezas traza hasta un 0,001 a un 1% en peso, respectivamente, y las cantidades de C y B hasta un 0,001 a un 0,2% en peso, respectivamente.

50 El material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de la presente invención se puede formar en un polvo de aleación mediante el calentamiento y fusión de un metal en el que se han ajustado las cantidades de Fe como base y de Ni, Cr, Si, P, Mo, Cu y otros componentes a incorporar como componentes aditivos de modo que se disponga de una cantidad predeterminada en porcentaje en peso de cada uno en un crisol en un horno de disolución para formar una aleación líquida, y sometiendo la aleación a un proceso de atomización, o
55 se puede usar en forma de una lámina, una barra o similares.

De forma específica, el polvo de aleación preparado mediante el proceso de atomización se ajusta para que tenga un tamaño de partícula adecuado de modo que se pueda practicar un proceso objetivo, y es útil dado que se pueden seleccionar diversos procesos tales como la formación de una pasta o lámina mezclada con una resina aglutinante,
60 así como pulverización mediante rociado, pulverización térmica o similares en la superficie del material base al que se aplica la resina.

Ejemplos

65 En lo sucesivo en el presente documento, se describen ejemplos típicos de la presente invención y ejemplos comparativos.

Las composiciones de las aleaciones de los ejemplos de la presente invención y del Ejemplo Comparativo [1] (fuera del ámbito la presente invención) y los resultados de los ensayos de las respectivas propiedades se muestran en la Tabla 1, y las composiciones de las aleaciones del Ejemplo Comparativo [2] (un ejemplo de una patente citada) y los resultados de los ensayos de las respectivas propiedades se muestran en la Tabla 2. Los métodos para el ensayo de las respectivas propiedades son los que siguen.

1) Ensayo para la medición de las temperaturas de fusión (liquidus y solidus)

Las aleaciones de los ejemplos y de los ejemplos comparativos se disolvieron cada una en un horno eléctrico en una atmósfera de gas argón, y se midió la temperatura de fusión mediante análisis térmico. Es decir, se representó la curva de análisis térmico mediante un registrador conectado a un termopar cargado en la parte central del metal fundido, y se leyeron las temperaturas de liquidus y de solidus a partir de la curva de enfriamiento del mismo.

2) Ensayo de resistencia a la flexión

Las aleaciones de los ejemplos y de los ejemplos comparativos se disolvieron cada una en un horno eléctrico en una atmósfera de gas argón, y el metal fundido de las mismas se aspiró mediante un tubo de cuarzo que tenía un diámetro interior de 5 mm ϕ , se solidificó, y se cortó con una longitud de 35 mm para preparar una pieza de ensayo. A continuación, la pieza de ensayo se fijó en un portapiezas de ensayo de resistencia a la flexión (soportada sobre tres puntos, distancia entre los puntos de soporte: 25,4 mm), se aplicó una carga usando un ensayador universal, y se calculó la resistencia a la flexión (N/mm^2) a partir de la carga en la que ocurría la rotura y se usó como índice de la resistencia de la aleación del material de soldadura fuerte.

3) Ensayo de soldadura fuerte

En cuanto a las aleaciones de los ejemplos y de los ejemplos comparativos, se recogieron aproximadamente 0,1 g de una muestra utilizando la pieza de ensayo del ensayo 2) mencionado anteriormente y se usó como muestra de material de soldadura fuerte. La muestra de material de soldadura fuerte se colocó a continuación sobre un material base de acero inoxidable SUS430, y se soldó por calentamiento a 1120 °C durante 30 minutos en un vacío de 10^{-3} Pa. Después de la soldadura, se midió el área superficial sobre la que se fundió y extendió el material de soldadura (coeficiente de extensión de la soldadura: área superficial extendida después de la soldadura/área superficial antes de la soldadura) y se usó como índice de la extensibilidad húmeda de la aleación de material de soldadura fuerte frente al material base de acero inoxidable SUS430. La extensibilidad húmeda de la aleación de material de soldadura se evaluó en base al siguiente criterio.

"Buena": el coeficiente de extensión de la soldadura fue 10 o más.

Además, para las piezas de ensayo mencionadas anteriormente se observó, después de la soldadura, la estructura de la sección transversal del material base y se observó la presencia o ausencia de engrosamiento de la estructura (cristalitas).

4) Ensayo de corrosión en ácido sulfúrico al 30%

Las aleaciones de los ejemplos y de los ejemplos comparativos se disolvieron cada una como en el ensayo mencionado anteriormente, y cada metal fundido se moldeó en una carcasa de molde para obtener una pieza moldeada de 10 x 10 x 20 mm. La superficie de la pieza moldeada se molió y se pulió para obtener una pieza de ensayo. A continuación se preparó una solución acuosa al 30% de ácido sulfúrico en un vaso de precipitados de 300 cc, se colocó la pieza de ensayo en el interior del mismo, y se llevó a cabo un ensayo de corrosión mediante un proceso de inmersión completa. La temperatura de ensayo fue de 60 °C y el tiempo de ensayo fue de 6 horas. La cantidad disminuida por corrosión ($mg/m^2.s$) se calculó a partir de los pesos y las áreas superficiales antes y después del ensayo, y se usó como índice de la resistencia a la corrosión de la aleación del material de soldadura fuerte en ácido sulfúrico.

Simultáneamente, se obtuvo la cantidad reducida por corrosión del acero inoxidable SUS304, y se evaluó la resistencia a la corrosión de la aleación de material de soldadura fuerte de acuerdo con los siguientes criterios.

"◎": la cantidad disminuida por corrosión fue menos de una milésima que la de SUS304

"O": la cantidad disminuida por corrosión fue una milésima o más y menos de una centésima que la de SUS304

"Δ": la cantidad disminuida por corrosión fue una centésima o más y menos de un décimo que la de SUS304

"X": la cantidad disminuida por corrosión fue un décimo o más que la de SUS304

[Tabla 1]

Nº de Aleación	Composición de la aleación (% en peso)										Temperatura (°C)		Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Soldadura a 1120 °C *		Resistencia a la corrosión en ácido sulfúrico **
	Fe	Ni	Cr	Si	P	Mo	Cu	otros	Solidus	Liquidus	Extensibilidad húmeda	Engrosamiento de la estructura				
(1)	69,7	—	15,1	4,7	6,1	2,2	2,2	—	—	—	—	1100	1320	Buena	Ninguno	⊙
(2)	61,9	10,2	10,0	5,2	6,0	2,0	4,7	—	—	—	—	1010	1260	Buena	Ninguno	⊙
(3)	60,3	10,6	14,3	5,0	6,3	1,7	1,8	—	—	—	—	1040	1310	Buena	Ninguno	⊙
(4)	56,5	10,1	18,5	5,1	6,0	1,5	2,3	—	—	—	—	1050	1390	Buena	Ninguno	⊙
(5)	54,7	10,3	19,8	5,5	6,5	2,1	1,1	—	—	—	—	1035	1090	Buena	Ninguno	⊙
(6)	55,8	10,0	19,7	5,8	6,2	1,5	1,0	—	—	—	—	1050	1300	Buena	Ninguno	⊙
(7)	51,5	20,2	14,3	3,9	5,8	2,3	2,0	—	—	—	—	1035	1300	Buena	Ninguno	⊙
(8)	49,5	20,5	14,8	4,1	7,2	1,8	2,1	—	—	—	—	1035	1230	Buena	Ninguno	⊙
(9)	49,9	20,6	14,5	5,7	5,1	2,0	2,2	—	—	—	—	1025	1360	Buena	Ninguno	⊙
(10)	49,3	20,1	15,0	5,9	5,7	2,2	1,8	—	—	—	—	1010	1070	Buena	Ninguno	⊙
(11)	46,0	20,1	15,2	5,7	7,2	4,8	1,0	—	—	—	—	1100	1020	Buena	Ninguno	⊙
(12)	47,6	19,6	18,1	5,0	5,8	2,1	1,8	—	—	—	—	1060	1200	Buena	Ninguno	⊙
(13)	47,9	19,5	18,5	5,2	5,9	—	3,0	—	—	—	—	1000	1460	Buena	Ninguno	⊙
(14)	52,4	15,0	17,3	5,1	6,0	2,0	2,2	—	—	—	—	1040	1670	Buena	Ninguno	⊙
(15)	41,6	25,0	17,8	4,9	6,3	2,3	2,1	—	—	—	—	1030	1360	Buena	Ninguno	⊙
(16)	47,6	20,2	18,0	1,5	8,6	2,1	2,0	—	—	—	—	1050	1060	Buena	Ninguno	⊙
(17)	46,6	20,0	19,5	2,8	7,0	1,7	2,4	—	—	—	—	1025	1250	Buena	Ninguno	⊙
(18)	45,0	20,4	19,8	3,3	8,1	1,9	1,5	—	—	—	—	1040	1170	Buena	Ninguno	⊙
(19)	46,1	20,1	19,5	4,0	7,1	1,6	1,6	—	—	—	—	1035	1270	Buena	Ninguno	⊙
(20)	38,2	29,7	19,2	3,0	6,3	1,8	1,8	—	—	—	—	1025	1250	Buena	Ninguno	⊙
(21)	38,0	29,3	19,1	3,2	7,0	2,1	1,3	—	—	—	—	1030	1300	Buena	Ninguno	⊙
(22)	34,6	29,9	19,8	4,1	7,1	2,0	2,5	—	—	—	—	1025	1150	Buena	Ninguno	⊙
(23)	37,9	29,5	19,3	4,8	6,3	1,2	1,0	—	—	—	—	1000	1210	Buena	Ninguno	⊙
(24)	59,2	20,3	5,2	5,2	5,2	1,8	2,2	—	—	—	—	1030	1150	Buena	Ninguno	⊙
(25)	40,5	28,9	18,1	2,0	8,1	1,2	1,2	—	—	—	—	1020	1300	Buena	Ninguno	⊙
(26)	53,4	15,0	17,8	—	9,8	2,0	2,0	—	—	—	—	1050	1030	Buena	Ninguno	⊙
(27)	52,2	16,0	17,5	5,0	6,2	1,8	1,5	—	—	—	—	1040	1420	Buena	Ninguno	⊙
(28)	36,7	34,8	14,5	5,0	6,0	1,5	1,5	—	—	—	—	1020	1350	Buena	Ninguno	⊙
(29)	49,1	19,7	19,0	5,2	6,0	0,7	0,3	—	—	—	—	1050	1310	Buena	Ninguno	⊙
(30)	43,0	20,0	18,0	5,0	6,0	2,0	2,0	—	—	—	—	1050	1340	Buena	Ninguno	⊙
(31)	44,5	19,5	18,2	5,2	6,3	1,8	1,5	—	—	—	—	1040	1280	Buena	Ninguno	⊙
(32)	44,9	19,7	17,8	4,8	5,8	2,2	1,8	—	—	—	—	1000	1600	Buena	Ninguno	⊙
(33)	45,6	19,8	18,0	5,0	6,1	2,0	2,0	—	—	—	—	1050	1300	Buena	Ninguno	⊙
(34)	46,2	20,0	17,9	5,1	6,2	2,1	1,9	—	—	—	—	1040	1460	Buena	Ninguno	⊙
(35)	47,1	19,5	18,1	4,8	6,0	2,0	1,8	—	—	—	—	1050	1360	Buena	Ninguno	⊙
(36)	47,6	19,6	17,7	5,0	6,2	1,8	2,1	—	—	—	—	1050	1320	Buena	Ninguno	⊙
(a)	34,2	35,5	24,8	5,2	6,0	2,2	2,1	—	—	—	—	1000	830	Buena	Parcialmente	⊙
(b)	77,3	5,0	3,0	5,0	6,5	2,0	1,2	—	—	—	—	1040	1010	Buena	Parcialmente	X
(c)	68,9	9,5	10,3	3,7	4,2	1,8	1,6	—	—	—	—	1030	960	Buena	Parcialmente	⊙
(d)	38,6	24,3	19,6	7,0	6,7	1,6	2,2	—	—	—	—	1040	380	Buena	Parcialmente	⊙
(e)	18,5	44,2	19,0	4,2	5,8	6,0	1,8	—	—	—	—	1010	1100	Buena	Parcialmente	⊙
(f)	43,0	20,3	18,4	3,8	6,3	1,0	7,2	—	—	—	—	900	550	Buena	Parcialmente	⊙
(g)	40,3	19,8	18,0	5,0	6,1	1,3	1,5	—	—	—	—	1060	1430	Buena	Parcialmente	⊙
(h)	46,5	20,0	17,8	5,2	6,0	1,5	1,5	—	—	—	—	1030	1150	Buena	Parcialmente	⊙

* Sustrato SUS430, 1120 °C - 30 minutos, al vacío

** Inmersión en ácido sulfúrico al 30%, 60 °C, - 6 horas

"Buena": el coeficiente de extensión de la soldadura fue 10 o más

"⊙": la cantidad disminuida por corrosión fue menos de una milésima que la de SUS304

"⊙": la cantidad disminuida por corrosión fue una milésima o más y menos de una centésima que la de SUS304

"Δ": la cantidad disminuida por corrosión fue una centésima o más y menos de un décimo que la de SUS304

"X": la cantidad disminuida por corrosión fue un décimo o más que la de SUS304

[Tabla 2]

Aleación de ejemplo comp. [2]	Nº de Aleación	Composición de la aleación (% en peso)										Temperatura (°C)		Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Soldadura a 1120 °C *	
		Fe	Ni	Cr	Si	P	Mo	Mn	otros	Solidus	Liquidus	Extensibilidad húmeda	Engrosamiento de la estructura			
	(i)	—	65	25,0	4,0	6,0	—	—	—	—	—	980	1055	820	Buena	Parcialmente
	(j)	—	55	35,0	4,2	5,8	—	—	—	—	—	980	1035	840	Buena	Parcialmente
	(k)	59,5	12	17	8	—	2,5	1	—	—	—	1230	1330	730	Buena	Parcialmente
	(l)	55,5	12	17	12	—	2,5	1	—	—	—	1180	1230	260		
	(m)	58,5	12	17	6	3	2,5	1	—	—	—	1050	1240	1180		

* Sustrato SUS430, 1120 °C - 30 minutos, al vacío

Se confirmó que las aleaciones de los ejemplos de la presente invención que se muestran en la Tabla 1 (números (1) a (36)) tienen todas una temperatura de liquidus de 1100 °C o inferior, tienen una buena extensibilidad húmeda frente al material base de acero inoxidable SUS430 en el ensayo de soldadura fuerte al vacío a 1120 °C, y no causaron ningún engrosamiento del material base después de la soldadura. Además, se muestra que todas ellas
 5 tiene una temperatura de solidus de 1000 °C o superior y alta resistencia al calor. Como resultado del ensayo de resistencia a la flexión, se obtuvo una resistencia a la flexión de 1000 N/mm² o superior y de ese modo la resistencia fue alta en todas las aleaciones de los ejemplos de la presente invención. Como resultado del ensayo de corrosión en ácido sulfúrico al 30%, se entiende que las aleaciones de los ejemplos de la presente invención tuvieron una excelente resistencia a la corrosión en ácido sulfúrico dado que las cantidades disminuidas por corrosión de las
 10 mismas fueron todas menores que un décimo que la del acero inoxidable SUS304 y la mayoría de las cantidades fueron menores que una centésima que la del acero inoxidable SUS304.

Las aleaciones del Ejemplo Comparativo [1] (números (a) a (h)) que se muestran en la Tabla 1 tienen composiciones que están fuera del ámbito de la presente invención, entre las que la aleación N° (a) es una en la que las cantidades de Ni, Cr, y total de Ni y Cr exceden los límites superiores, que tiene una baja resistencia a la flexión, y se observó engrosamiento de la estructura del material base de acero inoxidable SUS430 después de la soldadura. La aleación N° (b) es una en la que las cantidades de Cr, y total de Ni y Cr están por debajo de los límites inferiores, que no se pudo soldar a 1120 °C dado que tiene una alta temperatura de liquidus de 1180 °C y tiene una mala resistencia la corrosión. La aleación N° (c) tiene una fuerte tendencia hipo-eutéctica dado que la cantidad total de Si y P está por
 20 debajo del límite inferior, y tiene una alta temperatura de liquidus de 1180 °C, y de ese modo no se puede soldar a 1120 °C. La aleación N° (d) tiene una fuerte tendencia hiper-eutéctica dado que la cantidad total de Si y P excede el límite superior, y esta aleación no se puede soldar a 1120 °C dado que tiene una alta temperatura de liquidus de 1220 °C, y tiene una resistencia a la flexión considerablemente disminuida. La aleación N° (e) tiene una alta temperatura de liquidus de 1200 °C y de ese modo no se puede soldar a 1120 °C dado que las cantidades de Mo, y total de Mo y Cu exceden los límites superiores. La aleación N° (f) tiene una resistencia a la flexión disminuida, y tiene una temperatura de solidus disminuida a 900 °C y una tendencia al empeoramiento de la resistencia al calor dado que las cantidades de Cu, y total de Mo y Cu exceden los límites superiores. Las aleaciones números (g) y (h) tienen una alta temperatura de liquidus y no se pueden soldar a 1120 °C dado que las cantidades de Co y Ti, que son otros componentes, exceden los límites superiores.
 30

En las aleaciones de los ejemplos comparativos que se muestran en la Tabla 2, las aleaciones números (i) y (j) son aleaciones de Ni-Cr-P-Si que se describen en el Documento de Patente Japonesa N° 3354922, para las que se confirmó el fenómeno de que una pieza de la estructura del material base se engrosa cuando se suelda sobre un material base de acero inoxidable SUS430. Las aleaciones de Ejemplos Comparativos números (k), (l) y (m) son aleaciones de las composiciones de material de soldadura fuerte basado en hierro que se describen en el Documento de Publicación de Patente Japonesa Abierta a la Inspección Pública N° 2004-512964, todas las cuales tienen una alta temperatura de liquidus de 1200 °C o superior y no se pueden soldar a una temperatura práctica de 1120 °C.
 35

En cambio, se confirmó que las aleaciones de los ejemplos de la presente invención mostraron una buena extensibilidad húmeda frente a materiales base de diversas especies de acero inoxidable (austenítico; SUS304, SUS316 y similares, ferrítico; SUS430, SUS444 y similares, martensítico; SUS410 y similares) y mostraron una buena propiedad de soldadura fuerte en atmósferas de soldadura tales como vacío así como en atmósfera de hidrógeno reductora y en atmósfera de argón inactiva.
 40

Además, se confirmó que las aleaciones de los ejemplos de la presente invención también tienen una buena resistencia a la corrosión frente al ácido sulfúrico y diversas soluciones acuosas de ácidos tales como ácido nítrico, amoníaco acuoso y salmuera, y ofrecen un buen resultado en la resistencia de la unión de la pieza soldada.
 45

50 **Aplicabilidad industrial**

Como se ha mencionado anteriormente, dado que el material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de la presente invención es excelente en resistencia, resistencia al calor y resistencia a la corrosión, y tiene una buena extensibilidad de la soldadura en soldaduras fuertes de diversos materiales base de acero
 55 inoxidable, se puede utilizar ampliamente como material de junta para la producción de piezas soldadas para aparatos tales como refrigeradores EGR así como intercambiadores de calor, piezas de suministro de agua caliente y similares en relación con el medio ambiente y la energía.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión, que consiste en un 30 a un 75% en peso de Fe, un 35% en peso o inferior de Ni y de un 5 a un 20% en peso de Cr en una cantidad total de Ni y Cr de un 15 a un 50% en peso, y un 7% en peso o inferior de Si y de un 4 a un 10% en peso de P en una cantidad total de Si y P de un 9 a un 13% en peso, y de un 0,3 a un 5% en peso de opcionalmente un 0,5 a un 5% en peso de Mo, opcionalmente una o más clases seleccionadas entre Mn, W, Co, Nb, V y Ta en una cantidad total de un 0,01 a un 5% en peso, y/o al menos una clase de Al, Ca, Ti, Zr y Hf en una cantidad de un 0,001 a un 1% en peso, y/o al menos una clase de C y B en una cantidad de un 0,001 a un 0,2% en peso, Cu, y que tiene una temperatura de liquidus de 1100 °C o inferior.
- 10
2. El material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende.
- 15 3. El material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de acuerdo con las reivindicaciones 1-2, donde la cantidad total de Mo y Cu es de un 1 a un 7% en peso.
4. El material de soldadura fuerte basado en hierro resistente al calor y a la corrosión de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende.