

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 918**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30 (2006.01)
B23K 9/04 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C22C 38/22 (2006.01)
C21D 9/50 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
B32B 15/01 (2006.01)
C22C 38/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2012 PCT/JP2012/007854**
87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2013 WO13114501**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2012 E 12867598 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2810737**

54 Título: **Pieza mecánica soldada con material de recubrimiento de soldadura y metal de recubrimiento de soldadura**

30 Prioridad:

31.01.2012 JP 2012018874

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.08.2017

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBE STEEL, LTD.) (100.0%)
2-4, Wakinohama-Kaigandori 2-chome Chuo-ku
Kobe-shi, Hyogo 651-8585, JP**

72 Inventor/es:

**KOBAYASHI, RYUICHI y
TAKEDA, TSUTOMU**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 627 918 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

Pieza mecánica soldada con material de recubrimiento de soldadura y metal de recubrimiento de soldadura

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a materiales de soldadura de recargue y a piezas de maquinaria soldadas con metales de recubrimiento de soldadura. Más específicamente, la presente invención se refiere a un material de soldadura de recargue y a una pieza de maquinaria (componente de la máquina), ambos ventajosamente utilizables en aplicaciones que requieren resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión excelentes, tales como pulverizadores para artículos excavados en suelo ácido; y reactores tubulares.

Técnica antecedente

15 Un objeto de tratamiento (material) a tratar en un equipo de tratamiento, tal como un pulverizador o reactor tubular, puede contener un ácido, tal como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico, o puede formar secundariamente un ácido de este tipo durante un tratamiento. Una cámara de tratamiento del equipo de tratamiento para alojar el objeto de tratamiento se conforma generalmente a partir de un acero. El ácido, si está presente, puede corroer desventajosamente la pared interior de la cámara de tratamiento. Además, el objeto de tratamiento puede erosionar desventajosamente la pared interna de la cámara de tratamiento durante el tratamiento. Para evitar las desventajas, los materiales de soldadura de recargue para su uso en piezas de maquinaria, tales como cámaras de tratamiento, requieren resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión.

25 Las aleaciones de Fe y las aleaciones de Co que tienen composiciones químicas como las que se exponen en la tabla 1 se han utilizado como materiales de soldadura de recargue. Se utilizan diferentes materiales de soldadura de recargue según los tipos de equipo de tratamiento y el objeto de tratamiento. Se ha propuesto una aleación de Fe que contiene C, Si, Mn, Cr, Ni y/o Co, Mo, Nb, V y W como material de acero superior en resistencia al agrietamiento térmico (véase la literatura de patente PTL3).

[Tabla 1]

	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)										Observaciones
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
N.º 1	0,7	0,9	1,2	12,0	3,8	0,7	2,0	0,9	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 2	0,4	0,2	0,7	13,5	0,3	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 3	2,5	-	-	33,0	-	-	-	13,0	Resto	-	Ejemplo convencional
N.º 4	1,0	-	-	26,0	-	-	-	5,0	Resto	-	Ejemplo convencional
N.º 5	0,4	0,2	0,6	13,0	0,3	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 6	4,5	0,7	1,1	31,0	1,6	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional

35 Ninguno de los materiales de soldadura de recargue convencionales, sin embargo, tiene suficiente rendimiento en lo que respecta a la resistencia a la corrosión y la resistencia a la abrasión. Los materiales de soldadura de recargue tienen menor ductilidad y tenacidad. Por lo tanto, los materiales de soldadura de recargue provocan desventajosamente que una capa de recubrimiento de soldadura después de la soldadura para que sea susceptible al agrietamiento. Como resultado, los materiales de soldadura de recargue tienen una trabajabilidad de soldadura inferior y, a menudo, hacen que la capa de recubrimiento de soldadura después de la soldadura sufra microfisuras y/o grietas gruesas.

40 Tal imperfección en la soldadura, si se genera, requiere reparación en ese lugar (el lugar donde se genera la imperfección). Específicamente, una grieta, si se genera en la capa de recubrimiento de soldadura, debe cargarse por soldadura de un material de soldadura (material de soldadura de recargue) que tiene la misma composición química que con la capa de recubrimiento de soldadura. Los materiales de soldadura de recargue convencionales, sin embargo, son inadecuados para dicha reparación. Por esta razón, cuando se realiza otra soldadura de recubrimiento sobre una capa de recubrimiento de soldadura existente, la capa de recubrimiento de soldadura existente sufre la generación de una multiplicidad de grietas y no se repara suficientemente.

50 Independientemente, Se han utilizado ampliamente cámaras de tratamiento que incluyen una capa de recubrimiento de soldadura y, sobre una superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro (que tiene un espesor de 10 a 200 µm) para proporcionar una mejor resistencia a la abrasión. Los metales de recubrimiento de soldadura formados a partir de los materiales de soldadura de recargue, sin embargo, tienen mala adherencia con un recubrimiento de cromo duro y no pueden ser cubiertos de forma estable por el recubrimiento de cromo duro. Los metales de recubrimiento de soldadura también tienen menor ductilidad y tenacidad. Por lo tanto, los metales de recubrimiento de soldadura a menudo provocan grietas en la capa recubierta de cromo duro y/o en la capa de recubrimiento de

soldadura después de la soldadura.

En tales circunstancias, se han propuesto materiales de soldadura de recargue para proporcionar mejores resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión (véase la literatura de patentes PTL1 y PTL2). En PTL1 se divulga un material de soldadura de recargue para su uso en un miembro que requiere resistencia, resistencia a la oxidación y resistencia a la abrasión excelentes a una temperatura elevada de 600 °C o mayor. El material de soldadura de recargue contiene de 0,5 a 3,0 por ciento en peso de C, de 3,0 a 7,0 por ciento en peso de Si, de 25 a 45 por ciento en peso de Cr, de 0 a 10 por ciento en peso de Mn y de 0 a 13 por ciento en peso de Ni, incluyendo el resto Fe e impurezas inevitables, donde los contenidos de Cr y Si cumplen una condición especificada por: $Cr \geq 1,6 Si + 37$. El material de soldadura de recargue forma un metal de recubrimiento de soldadura sobre un metal de base, cuando el metal de recubrimiento de soldadura se potencia o se refuerza mediante carburos aciculares finos en forma de fibras cortas.

En PTL 2 se divulga un material de soldadura de recargue para colada continua donde se suprime la aparición de grietas térmicas y que proporciona una resistencia a la corrosión excelente. El material de soldadura de recargue contiene, en masa, de 0,15 a 0,25 % de C, de 0,2 a 1,0 % de Si, de 0,5 a 2,0 % de Mn, $\leq 0,5$ % de Ni, de 0,5 a 3,0 % de Co, de 15,0 a 18,0 % de Cr, de 0,5 a 1,0 % de Mo, de 0,05 a 0,5 % de Nb, de 0,1 a 0,5% de V, de 0,3 a 1,0 % de W y de 0,5 a 2,0 % de Cu, y el resto de Fe con impurezas inevitables.

En PTL3 de divulga un material de soldadura de recargue sobre la superficie de un material base en rollo que incluye % en masa de C: 0,15-0,43 %, Si: 0,2-1,0 %, Mn: 0,5-2,0 %, Cr: 11,5-15,0 %, (Ni+Co): 0,9-4,0 %, Mo: 0,5-1,0%, Nb: 0,05-0,50 %, V: 0,10-0,50 %, W: 0,3-1,0 %, y Fe con impurezas inevitables como resto.

El material de soldadura de recargue divulgado en PTL 1 emplea un acero (aleación de Fe). El material de soldadura de recargue contiene C, Si y Cu en altos contenidos y contiene grandes cantidades de los elementos de transición de los Grupos IVa a Va (Ti, V, Zr, Nb, Mo y Ta). El material de soldadura de recargue presenta una tenacidad a la fractura escasa debido a que tiene un alto contenido de C de 0,5 a 3,0 por ciento en peso y tiene una dureza excesivamente alta debido a que contiene los elementos de transición de los Grupos IVa a Va (Ti, Zr, Nb y Ta) en grandes cantidades. Por lo tanto, el material de soldadura es susceptible de fractura frágil por corrosión.

El material de soldadura de acumulación divulgado en PTL 1 es también susceptible a incrustaciones rojas (defectos de costras rojas) después de la laminado en caliente debido a que tiene un contenido extremadamente alto de Si, de 3,0 a 7,0 por ciento en peso, donde la laminado en caliente se realiza como un proceso de producción de acero. Las costras rojas, incluso si se eliminan mediante lavad ácido, pueden dejar grandes asperezas superficiales para producir irregularidades en la superficie del producto. La formación de costras rojas puede producirse incluso a una temperatura alta de 600 °C o superior. En este caso, el polvo de $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ que forma principalmente la costra roja migra hacia el objeto de tratamiento.

Además, el material de soldadura de recargue divulgado en PTL 1 es susceptible de sufrir rotura en caliente (fragilidad roja) durante el proceso de laminado en caliente debido a que tiene un contenido extremadamente alto de Cu de 7,0 por ciento en peso en términos de su límite superior, donde el proceso de laminado en caliente se realiza como un proceso de producción de acero. Esto impide la fabricación del acero mediante un procedimiento común de fabricación de acero que incluye el proceso de laminado en caliente e impide la fabricación y el suministro del material de soldadura de recargue.

Independientemente, se han propuesto otras aleaciones de Fe como materiales de soldadura de recargue para proporcionar una resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión mejores. Específicamente, se ha propuesto un material de soldadura de recargue que contiene de 0,2 a 1,5 por ciento en masa de C, de 0,5 a 2,0 por ciento en masa de Si, de 0,5 a 2,0 por ciento en masa de Mn, de 20 a 40 por ciento en masa de Cr, de 2,0 a 6,0 por ciento en masa de Mo, de 0,5 a 6,0 por ciento en masa de Ni, de 1,0 a 5,0 por ciento en masa de V y de 0,5 a 5,0 por ciento en masa de W, incluyendo el resto Fe e impurezas inevitables. El metal de recubrimiento de soldadura incluye una matriz de fase de ferrita y tiene una microestructura policristalina donde las partículas de cementita están presentes en los límites de grano de los granos de la matriz de ferrita y rodean los granos de ferrita. El material de soldadura de recargue sobresale en resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión, pero tiene espacio para mejoras en la ductilidad y la tenacidad. El material de soldadura de recargue también tiene espacio para mejorar la trabajabilidad de la soldadura y la reparabilidad de la soldadura. En concreto, el material de soldadura de recargue, cuando se usa para otro recubrimiento de soldadura para reparar una capa de recubrimiento de soldadura existente, puede causar el agrietamiento en la capa de recubrimiento de soldadura existente en algún rango de recubrimiento de soldadura y puede requerir un complicado procedimiento de reparación. Además, el material de soldadura de recargue tiene una adherencia insuficiente con un recubrimiento de cromo duro y esto puede impedir la formación estable del recubrimiento.

Listado de citas

65 Bibliografía de patentes

PTL1: JP H11(1999)-226778 A
 PTL2: JP 2010-196108 A
 PTL3: JP 2002-371341 A

5 **Descripción de la invención**

La presente invención se ha hecho teniendo en cuenta desventajas de tecnologías convencionales y un objeto de la misma es proporcionar un material de soldadura para formar un metal de recubrimiento de soldadura para su uso en un entorno donde el metal de recubrimiento de soldadura se expone a menudo a un ácido que provoca corrosión. El metal de recubrimiento de soldadura dado por el material de soldadura de recargue sobresale en resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión, tiene ductilidad y tenacidad satisfactorias, exhibe una excelente trabajabilidad de soldadura y reparabilidad de soldadura, tiene una buena adherencia con un recubrimiento con cromo duro y sufre menos agrietamiento. Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pieza de maquinaria soldada con tal metal de recubrimiento de soldadura.

La presente invención proporciona, en un aspecto, un material de soldadura de recargue según se define en la reivindicación 1.

La presente invención proporciona además, en otro aspecto, una pieza de maquinaria que incluye un acero base y un metal de recubrimiento de soldadura soldado en o sobre una superficie del acero base, que tiene las características definidas en la reivindicación 7.

Estos y otros objetos, características y ventajas de la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos.

25 **Breve descripción de los dibujos**

[Fig. 1] La figura 1 es un dibujo explicativo que ilustra un espécimen de ensayo no proporcional (espécimen de ensayo Gleeble) preparado para ensayos de tracción en el Ejemplo Experimental 2 de la presente invención.

[Fig. 2] La figura 2 es un gráfico que ilustra los resultados de las pruebas de impacto de Charpy en el Ejemplo Experimental 3.

[Fig. 3] La figura 3 es un gráfico que ilustra los resultados de los ensayos de corrosión en el Ejemplo Experimental 5.

[Fig. 4] La figura 4 es un diagrama conceptual que ilustra el equipo de ensayo de abrasión con arena usado en los ensayos de resistencia a la abrasión en el Ejemplo Experimental 6.

[Fig. 5] La figura 5 es un dibujo explicativo que ilustra el espécimen del ensayo de cizalladura en plano utilizado en el Ejemplo Experimental 9.

[Fig. 6] La figura 6 es un dibujo explicativo que ilustra cómo realizar ensayos de cizalladura en plano utilizado en el Ejemplo Experimental 9.

[Fig. 7] La figura 7 es un gráfico que ilustra los resultados de los ensayos de cizalladura en plano en el Ejemplo Experimental 9.

Descripción de las realizaciones

La presente invención se ilustrará con detalle con referencia a las realizaciones de la misma que figuran a continuación. En una realización, la presente invención proporciona un material de soldadura (material de soldadura de recargue) para formar un metal de recubrimiento de soldadura y es ventajosamente utilizable en una cámara de tratamiento para tratar un objeto de tratamiento. El objeto a tratar en la cámara de tratamiento puede contener un ácido, tal como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico. Por lo tanto, la cámara de tratamiento puede utilizarse en un ambiente corrosivo ácido de pH 7 a aproximadamente pH 4,2. La cámara de tratamiento también se puede disponer en un equipo de tratamiento, tal como un pulverizador o reactor tubular, y se puede usar en un intervalo de temperatura desde la temperatura ambiente a aproximadamente 200 °C.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando se usa para formar un metal de recubrimiento de soldadura en o sobre una pared interior de la cámara de tratamiento, puede ayudar a la cámara de tratamiento a tener resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión mejores. El material de soldadura de recargue puede, de este modo, ayudar a la cámara de tratamiento a tener una vida más larga. El material de soldadura de recargue también sobresale en cuanto a la trabajabilidad y reparabilidad de soldadura. Además, el material de soldadura de recargue da una capa de recubrimiento de soldadura mediante soldadura, sobre cuya superficie se puede formar satisfactoriamente una capa recubierta de cromo duro para proporcionar una mejor resistencia a la abrasión.

A continuación se ilustra una composición química del material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización.

El carbono (C) ayuda a soldar el metal de recubrimiento para mantener el equilibrio entre la resistencia a la tracción

- y el alargamiento. El contenido de C en el material de soldadura (material de soldadura de recargue) es de 0,2 a 1,0 por ciento en masa y, más preferentemente, de 0,3 a 0,8 por ciento en masa. Con un contenido en C cada vez mayor, Los aceros (aleaciones de Fe) tienen una mayor resistencia a la tracción y una mejor resistencia a la abrasión, pero presentan menor tenacidad. En concreto, Un acero hiperecticoide que tiene un contenido de C superior al 1,0 por ciento en masa tiene una tenacidad notablemente inferior y apenas se trabaja. Para evitar esto y para dar un buen equilibrio tanto en las propiedades como un metal de recubrimiento de soldadura, el contenido de C en el material de soldadura de recargue es de 0,2 a 1,0 por ciento en masa, asegurando al mismo tiempo resistencia a la abrasión mediante la adición de uno o más elementos.
- 5
- 10 El silicio (Si) ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una mayor resistencia a la tracción. Para exhibir la actividad, se especifica que el contenido de Si en el material de soldadura es 0,2 por ciento en masa o más. Por el contrario, Si, si está con un contenido excesivamente alto, puede hacer que un acero (aleación de Fe) significativamente frágil. Para evitar esto, el contenido de Si es de 0,2 a 0,5 por ciento en masa.
- 15 El manganeso (Mn) ayuda al material de soldadura a dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene una resistencia y tenacidad a ciertos niveles. El contenido de Mn en el material de soldadura es 0,5 por ciento en masa o más, y, más preferentemente, 0,7 por ciento en masa o más. Por el contrario, Mn, si está presente en un contenido superior al 2,0 por ciento en masa, a menudo puede hacer que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una tenacidad y soldabilidad inferiores. Para evitar esto, el contenido de Mn es de 0,5 a 2,0 por ciento en masa, preferentemente de 0,7 a 1,2 por ciento en masa.
- 20
- El cromo (Cr) ayuda al material de soldadura a dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene mejores resistencia a la corrosión, dureza en caliente y resistencia a la abrasión. El Cr tiene también una propiedad tal que no inhibe la soldabilidad del metal de recubrimiento de soldadura. El Cr ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una mejor resistencia a la abrasión, ya que el Cr forma carburos finamente precipitados en granos y actúa como un elemento de endurecimiento por precipitación. Además, el Cr, añadido en combinación con el Mo mencionado más adelante, ayuda al metal de recubrimiento de soldadura a tener una alta resistencia y una alta dureza. Un material de soldadura que tiene un contenido de Cr inferior al 15 por ciento en masa puede dejar de dar un metal de recubrimiento de soldadura que tenga resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión a niveles deseados. Por el contrario, un material de soldadura que tiene un contenido de Cr superior al 30 por ciento en masa puede sufrir, a menudo, la formación de una fase de martensita. Para evitar esto, el contenido de Cr en el material de soldadura es de 15 a 30 por ciento en masa.
- 25
- 30
- El molibdeno (Mo), añadido en combinación con Cr, ayuda al material de soldadura a dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene una resistencia más alta y una tenacidad más alta, tal como se ha descrito anteriormente. El Mo, incluso cuando no se añade en combinación con Cr, ayuda ventajosamente a que el acero tenga una mejor tenacidad. El Mo, cuando se añade en combinación con Cr, puede estar, contenido, preferentemente, en el material de soldadura de recargue en un contenido que corresponde aproximadamente a una décima parte o menos del contenido de Cr. Esto puede ayudar a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una resistencia más alta y una dureza más alta. El Mo se añade, preferentemente, en un contenido bajo en combinación con Cr, porque el Mo es caro en su materia prima. El Mo previene el envejecimiento de los granos tras el calentamiento a alta temperatura y ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una mayor resistencia a la tracción a alta temperatura de manera eficaz. Además, el Mo contribuye a una mejor resistencia a la corrosión de un acero que tiene un alto contenido de Cr como con el material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización. El contenido de Mo es de 0,2 a 6,0 por ciento en masa y, más preferentemente, de 0,2 a 1,5 por ciento en masa, en consideración al equilibrio con otras propiedades. El Mo, si está presente en un contenido superior al 6,0 por ciento en masa, puede segregarse en los límites de grano y producir, desventajosamente, que fayalita (Fe_2SiO_4), un óxido entre Fe y Si, migre al acero.
- 35
- 40
- 45
- 50 El níquel (Ni) ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga resistencia a la abrasión y tenacidad mejores. Ni, en la realización, es un elemento añadido selectivamente según sea apropiado, tal como se menciona a continuación. El Ni tiene un alto precio de la materia prima. Por tanto, el contenido de Ni es, preferentemente, de 0,3 a 6,0 por ciento en masa, más preferentemente, de 0,3 a 1,0 por ciento en masa, y, además, más preferentemente, de 0,3 a 0,6 por ciento en masa, teniendo en cuenta el equilibrio de precios y propiedades de la materia prima. El contenido de Ni es, preferentemente, 0,3 por ciento en masa o más para ayudar al metal de recubrimiento de soldadura a tener una mejores resistencia a la corrosión y tenacidad. Por el contrario, el Ni, si está presente en un contenido superior al 6,0 por ciento en masa, a menudo invita, desventajosamente, a la formación de austenita.
- 55
- 60 El vanadio (V) forma un carburo en el metal de recubrimiento de soldadura y actúa como elemento de endurecimiento por precipitación. V, en la realización, es un elemento que se añade selectivamente según sea apropiado, como se menciona más adelante. V, cuando está presente, ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una mejor resistencia a la abrasión. Además, V ayuda a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una microestructura policristalina refinada y tenga una mejor tenacidad. Por el contrario, V, si está presente en un contenido superior al 2,0 por ciento en masa, puede precipitar como VC (carburo de vanadio) en gran cantidad en granos y puede, por lo tanto, hacer que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una tenacidad menor. Para evitar esto, el contenido de V es, preferentemente, de 0,3 a 2,0 por ciento en masa y, más preferentemente, de 0,3 a
- 65

1,5 por ciento en masa. El contenido de V es, preferentemente, 0,3 por ciento en masa o más para permitir que el metal de recubrimiento de soldadura resultante tenga una mejor resistencia a la abrasión.

5 El tungsteno (W) forma un carburo en el metal de recubrimiento de soldadura y actúa como elemento de endurecimiento por precipitación. W, cuando está presente en un contenido de 0,1 por ciento en masa o más, puede ayudar a que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una mejor resistencia a la abrasión. Por el contrario, W, si está presente en un contenido superior al 1,5 por ciento en masa, puede precipitar como WC (carburo de tungsteno) en gran cantidad en granos y a menudo puede hacer que el metal de recubrimiento de soldadura tenga una tenacidad menor. Para evitar esto, el contenido de W es de 0,1 a 1,5 por ciento en masa y, preferentemente, de
10 0,2 a 1,0 por ciento en masa.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización contiene además Fe (hierro) e impurezas inevitables. Las impurezas inevitables se ilustran con P (fósforo), S (azufre), Al (aluminio), Ca (calcio), Ti (titanio), Co (cobalto), Cu (cobre), Zr (circonio), Nb (niobio), Pd (paladio), Ag (plata), Sn (estaño), Hf (hafnio), Ta (tántalo), Pt (platino), Au (oro) y Pb (plomo).
15

El fósforo (P) confiere fragilidad en frío al metal de recubrimiento de soldadura. Para evitar esto, el contenido de P se minimiza, preferentemente, ya que el fósforo está presente como impureza, se segrega en los límites de grano y forma zonas de segregación (bandas de segregación) cuando se alarga en una dirección longitudinal (forjado) típicamente mediante forjado y laminado. Se forma alfa-hierro (α -Fe) en las bandas de segregación para eliminar el carbono de las bandas de segregación. Como resultado, el α -Fe se forma zonalmente en las bandas de segregación de fósforo; mientras que la perlita se forma zonalmente en otras áreas. Esto se denomina, generalmente, "bandas de ferrita". Las bandas de ferrita, si se forman, hacen que el metal de recubrimiento de soldadura tenga ductilidad inferior en una dirección perpendicular a las bandas.
20
25

El azufre (S) confiere fragilidad en caliente al metal de recubrimiento de soldadura. Para evitar esto, el contenido de S se minimiza preferentemente. El azufre forma MnS como una inclusión de sulfuro, se segrega sobre el acero de trabajo en caliente y, de este modo, hace que el acero sea frágil.

30 Las impurezas inevitables mencionadas anteriormente son aceptables cuando están presentes en un contenido total de 0,05 por ciento en masa o menos.

A continuación, se ilustrará más adelante un método de soldadura que utiliza el material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización; y una pieza de maquinaria (por ejemplo, cámara de tratamiento) soldada con un metal de recubrimiento de soldadura.
35

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización puede usarse en la soldadura de una cámara de tratamiento para alojar un objeto de tratamiento en un equipo de tratamiento, tal como un pulverizador o un reactor tubular. Un material para la cámara de tratamiento se ilustra mediante diversos aceros inoxidables, acero S25C, acero SC49 y acero SS400. Para suprimir la dilución del metal base, el material de soldadura de recargue tiene, preferentemente, una composición química idéntica o similar a la del metal base. Es difícil, sin embargo, permitir que el material de soldadura de recargue tenga una composición química idéntica a la del metal base, porque el metal base requiere principalmente resistencia y tenacidad; mientras que el material de soldadura de recargue requiere principalmente dureza y resistencia a la abrasión. Por consiguiente, es preferible mantener el metal base en posición vertical, para realizar la soldadura de recubrimiento sobre el metal base tanto como sea posible y repetir secuencialmente la soldadura de recubrimiento sobre el material de soldadura de recubrimiento (capa de recubrimiento soldadura). Esto puede suprimir la migración mutua de los elementos de metal base (principalmente Fe) y el material de soldadura de recargue por gravedad o convección. De acuerdo con esta realización, el material de soldadura de recargue puede sufrir un poco de desviación en la composición química de la pieza de maquinaria sobre la cual se suelda el metal de recubrimiento de soldadura, excepto porque los contenidos de Cr, Mo y Ni se diluyen (reducen) poco.
40
45
50

Para dar una capa de recubrimiento de soldadura deseada como se ha mencionado anteriormente, el material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización puede someterse a soldadura en condiciones de soldadura normales. Sin embargo, cuando se usa el material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización, el metal base se calienta, preferentemente, al soldar. Específicamente, en una realización preferente, el metal de base se calienta a una velocidad de aumento de temperatura de 100 °C a 300 °C por hora, se mantiene a una temperatura de 250 °C a 350 °C para soldar y se enfría a una velocidad de enfriamiento de 15 °C a 100 °C por hora; mientras que la soldadura sobre el metal base se realiza isotérmicamente a la temperatura de 250 °C a 350 °C.
55
60

A continuación se resumirán las características técnicas del material de soldadura de recargue y la pieza de maquinaria.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con una realización (aspecto) de la presente invención contiene C en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa, Si en un contenido de 0,2 a 0,5 por ciento en masa, Mn en un contenido de 0,5 a 2,0 por ciento en masa, Cr en un contenido de 15 a 30 por ciento en masa, Mo en un contenido
65

ES 2 627 918 T3

de 0,2 a 6,0 por ciento en masa y W en un contenido de 0,1 a 1,5 por ciento en masa, opcionalmente, V un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa, opcionalmente Ni un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa, impurezas inevitables en un total de 0,05 por ciento en masa o menos, y Fe como resto.

- 5 El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando se usa en soldadura de recubrimiento, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que sobresale en resistencia a la corrosión ácida y la resistencia a la abrasión. El material de soldadura de recargue, cuando se usa en soldadura de recubrimiento, puede, por tanto, dar una cámara de tratamiento que sobresale en la resistencia a la corrosión y la resistencia a la abrasión, y tiene una vida larga. Una capa de recubrimiento de soldadura formada con el material de soldadura de recargue tiene una ductilidad y tenacidad excelentes. Por lo tanto, la capa de recubrimiento de soldadura formada resiste el agrietamiento después de la soldadura y presenta una excelente trabajabilidad de soldadura. El material de soldadura de recargue, cuando se usa en soldadura de recubrimiento de múltiples capas sobre una capa de recubrimiento de soldadura existente, contribuye a una resistencia satisfactoria al agrietamiento y una excelente adherencia entre la capa de recubrimiento de soldadura existente y una nueva capa de recubrimiento de soldadura. Por lo tanto, el material de soldadura de recargue presenta una reparabilidad excelente. Además, la capa de recubrimiento de soldadura formada tiene una resistencia al agrietamiento y una adherencia excelentes con un recubrimiento de cromo duro, sobre cuya superficie se puede formar satisfactoriamente una capa recubierta de cromo duro.

- 20 El material de soldadura de recargue que tiene la configuración contiene, además, preferentemente, V en un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene V en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene mejor resistencia a la abrasión y que presenta una mejor tenacidad debido al refinamiento de la microestructura policristalina.

El material de soldadura de recargue que tiene la configuración contiene, además, preferentemente, Ni en un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa.

- 30 El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene Ni en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene resistencia a la abrasión y dureza mejores.

El contenido de C es, preferentemente, de 0,3 a 0,8 por ciento en masa.

- 35 El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene C en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que mantenga un mejor equilibrio entre la resistencia a la tracción y el alargamiento.

- 40 El contenido de Mn es, preferentemente, de 0,7 a 1,2 por ciento en masa.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene Mn en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene seguramente resistencia y tenacidad a niveles satisfactorios.

- 45 El contenido de Mo es, preferentemente, de 0,2 a 1,5 por ciento en masa.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene Mo en un contenido dentro del intervalo, puede ayudar a que un metal de recubrimiento de soldadura tenga una resistencia más alta y una dureza más alta.

- 50 El contenido de W es, preferentemente, de 0,2 a 1,0 por ciento en masa.

El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene W en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene una resistencia a la abrasión mejor.

El contenido de Ni es, preferentemente, de 0,3 a 1,0 por ciento en masa.

- 60 El material de soldadura de recargue de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando contiene Ni en un contenido dentro del intervalo, puede dar un metal de recubrimiento de soldadura que tiene resistencia a la abrasión y dureza mejores.

65 La pieza de maquinaria de acuerdo con otra realización (aspecto) de la presente invención incluye un acero base; y un metal de recubrimiento de soldadura soldado en o sobre una superficie del acero base, donde el metal de recubrimiento de soldadura tiene una región a 1 mm de profundidad de la superficie del metal de recubrimiento de

5 soldadura que consiste en C en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa, Si en un contenido de 0,2 a 0,5 por ciento en masa, Mn en un contenido de 0,5 a 2,0 por ciento en masa, Cr en un contenido de 15 a 30 por ciento en masa, Mo en un contenido de 0,2 a 6,0 por ciento en masa, W en un contenido de 0,1 a 1,5 por ciento en masa, opcionalmente, V un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa, opcionalmente Ni un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa, incluyendo el resto Fe e impurezas inevitables, en una composición química en la capa superficial.

10 La pieza de maquinaria de acuerdo con la realización de la presente invención puede ilustrarse mediante una cámara de tratamiento para su uso en un equipo de tratamiento, tal como pulverizador o reactor tubular. La pieza de maquinaria tiene una capa superficial que tiene una resistencia al agrietamiento satisfactoria y una adherencia excelente con un recubrimiento de cromo duro, sobre cuya superficie se puede formar satisfactoriamente una capa recubierta de cromo duro.

15 El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, V en un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa.

20 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene V en un contenido dentro del intervalo puede tener una resistencia a la abrasión y una tenacidad excelentes. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente además, Ni en un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa.

25 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene Ni en un contenido dentro del intervalo puede tener una resistencia a la corrosión y una tenacidad excelentes. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

30 El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, C en un contenido de 0,3 a 0,8 por ciento en masa.

35 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene C en un contenido dentro del intervalo puede mantener mejor equilibrio entre la resistencia a la tracción y el alargamiento. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, Mn en un contenido de 0,7 a 1,2 por ciento en masa.

40 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene Mn en un contenido dentro del intervalo puede tener, con seguridad, resistencia y tenacidad a niveles satisfactorios. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

45 El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, Mo en un contenido de 0,2 a 1,5 por ciento en masa.

50 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene Mo en un contenido dentro del intervalo puede tener sobresalir en resistencia y dureza. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

55 El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, W en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa.

60 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene W en un contenido dentro del intervalo puede tener una resistencia a la abrasión más excelente. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma, una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

El metal de recubrimiento de soldadura con el que se suelda la pieza de maquinaria contiene, preferentemente, Ni en un contenido de 0,3 a 1,0 por ciento en masa.

65 El metal de recubrimiento de soldadura que contiene Ni en un contenido dentro del intervalo puede tener una resistencia a la corrosión y una tenacidad más excelentes. La pieza de maquinaria soldada con el metal de recubrimiento de soldadura como el anterior puede, por lo tanto, soportar, sobre una capa de superficie de la misma,

una capa recubierta de cromo duro formada más satisfactoriamente.

Ejemplos

5 A continuación se ilustrarán diversos ejemplos experimentales de la presente invención. Cabe destacar, sin embargo, que no debe interpretarse que los ejemplos limitan el alcance de la invención; que son posibles varios cambios y modificaciones en los mismos sin apartarse del espíritu y alcance de la invención; y todos estos cambios y modificaciones caen dentro del alcance de la invención.

10 **Ejemplo experimental 1**

15 Se prepararon cada uno de los materiales de soldadura indicados en la tabla 2, se sometieron a soldadura de recubrimiento sobre una superficie de un metal base que incluye acero S25C, para formar una capa de recubrimiento de soldadura que tiene un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. Las composiciones químicas que se dan en la tabla 2 incluyen cada una Fe e impurezas inevitables como el resto. La soldadura se realizó de la manera siguiente. El metal base se calentó desde la temperatura ambiente a 300 °C a una velocidad de aumento de temperatura de 100 °C por hora; se sometió a soldadura de recubrimiento mantenida isotérmicamente a una temperatura de 300 °C; y, después de la finalización de la soldadura, se enfrió a la temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento de 20 °C por hora. La soldadura se realizó en una posición plana y a una corriente de 280 A y una tensión de 30 V con una entrada de calor de 2,0 kJ/mm. En la tabla 3 se indica la especificación de la composición química del acero de carbono para su uso estructural en máquina (acero S25C) usado como metal base.

[Tabla 2]

N.º	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)										Observaciones
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
N.º 1	0,7	0,9	1,2	12	3,8	0,7	2	0,9	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 2	0,4	0,2	0,7	13,5	0,3	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 3	2,5	-	-	33	-	-	-	13	Resto	-	Ejemplo convencional
N.º 4	1	-	-	26	-	-	-	5	Resto	-	Ejemplo convencional
N.º 5	0,4	0,2	0,6	13	0,3	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 6	4,5	0,7	1,1	31	1,6	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 11	0,25	1,1	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 12	0,4	1,1	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 13	0,7	1,1	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 14	1	1,1	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 15	1,5	1,1	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 16	0,7	0,3	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 17	0,7	2	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 18	0,7	2,5	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 19	0,7	3	1,1	35	4	1,1	2	1,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 20	0,7	1,1	1,1	35	4	2,1	4	2,1	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 31	0,4	0,3	0,9	20	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 32	0,3	0,2	9	20	0,5	-	0,5	0,3	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 33	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 34	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	0,5	0,3	-	Resto	Ejemplo
N.º 35	0,4	0,3	0,9	30	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 36	0,4	0,3	0,9	20	1	0,5	1,5	1	-	Resto	Ejemplo
N.º 37	0,4	0,3	0,9	25	1	0,5	1,5	1	-	Resto	Ejemplo
N.º 38	0,1	0,3	0,9	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 39	0,6	0,3	0,9	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 40	0,4	0,1	0,9	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 41	0,4	0,8	0,9	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo

ES 2 627 918 T3

N.º	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)										Observaciones
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
N.º 42	0,4	0,3	0,3	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 43	0,4	0,3	2,5	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 44	0,4	0,3	0,9	15	0,5	-	1	0,5	0,5	Resto	Ejemplo
N.º 45	0,4	0,3	0,9	35	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 46	0,4	0,3	0,9	25	0,1	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 47	0,4	0,3	0,9	25	2	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 48	0,4	0,3	0,9	25	0,5	1	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 49	0,4	0,3	0,9	25	0,5	1,5	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 50	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	-	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 51	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	2	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 52	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	3	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 53	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	1	-	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 54	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	1	1,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 55	0,4	0,3	0,9	25	0,5	-	1	2	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 61	0,2	0,3	1	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 62	0,7	0,3	1	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 63	1	0,3	1	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo
N.º 64	1,5	0,3	1	25	0,5	-	1	0,5	-	Resto	Ejemplo comparativo

[Tabla 3]

Material	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)					
	C	Si	Mn	P	S	Fe
Acero S25C	0,20 ~ 0,30	0,15 ~ 0,40	0,30 ~ 0,60	< 0,045	< 0,045	Resto

- 5 De los materiales de soldadura, cada uno de los materiales de soldadura n.º 1 a 6, 11 a 20, 31, 33, 37 y 61 a 64 se usó en la soldadura y la composición química de una capa de superficie del metal de recubrimiento de soldadura resultante se analizó. En la tabla 4 se indican los resultados del análisis. Como se usa en el presente documento, la expresión "capa de superficie" se refiere a una región a 1 mm de profundidad de la superficie. La capa de superficie se afeitó mecánicamente del metal de recubrimiento de soldadura, se disolvió en un ácido predeterminado y la composición química del metal de recubrimiento de soldadura se analizó cuantitativamente mediante análisis químicos. Los análisis cuantitativos en los análisis químicos se realizaron mediante análisis de absorción de infrarrojos sobre carbono (C), gravimetría sobre Si y espectrometría de emisión de plasma acoplado inductivamente (ICP) sobre otros elementos.
- 10

[Tabla 4]

N.º	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)										Observaciones
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
N.º 1	0,52	0,82	0,81	8,44	2,78	0,47	1,43	0,56	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 2	0,37	0,22	0,59	12,13	0,27	-	-	-	-	-	Ejemplo convencional
N.º 3	-	-	-	21,83	-	-	-	9,21	Resto	9,57	Ejemplo convencional
N.º 4	1,16	-	-	29,99	-	-	-	4,53	Resto	7,98	Ejemplo convencional
N.º 5	0,37	0,22	0,59	12,13	0,27	-	-	-	-	Resto	Ejemplo convencional
N.º 6	3,64	0,87	1,05	27,03	0,7	-	-	-	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 11	0,23	0,89	0,77	21,02	2,28	0,66	1,38	0,75	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 12	0,32	0,94	0,88	24,55	2,62	0,78	1,64	0,83	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 13	0,58	1,13	0,95	28,01	3	0,86	1,82	0,82	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 14	0,69	1,04	1,03	27,07	2,77	0,77	1,78	0,84	-	Resto	Ejemplo comparativo

N.º	Composición química de la aleación (en porcentaje en masa)										Observaciones
	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co	Fe	
N.º 15	1,08	1,01	0,9	24,82	2,54	0,71	1,55	0,78	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 16	0,44	0,34	0,79	21,94	2,26	0,62	1,41	0,69	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 17	0,54	1,55	0,84	25,4	2,68	0,73	1,61	0,79	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 18	0,64	1,99	0,96	30,45	3,12	0,87	-	0,97	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 19	0,6	2,1	0,9	27,52	2,85	0,78	1,72	0,91	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 20	0,62	0,99	0,76	25,77	2,77	1,49	3,22	2,02	-	Resto	Ejemplo comparativo
N.º 31	0,22	0,24	0,54	15,54	0,35	-	0,59	0,28	-	Resto	Ejemplo
N.º 33	0,25	0,2	0,59	16,34	0,39	-	0,69	0,33	-	Resto	Ejemplo
N.º 37	0,28	0,21	0,6	17,t2	0,61	0,33	1,02	0,72	-	Resto	Ejemplo
N.º 61	0,15	0,2	0,65	15,16	0,36	-	0,63	0,35	-	Resto	Ejemplo
N.º 62	0,49	0,22	0,73	15,71	0,35	-	0,68	0,36	-	Resto	Ejemplo
N.º 63	0,58	0,22	0,76	16,15	0,35	-	0,71	0,35	-	Resto	Ejemplo
N.º 64	1,02	0,24	0,69	13,12	0,32	-	0,55	0,31	-	Resto	Ejemplo comparativo

5 Fe como elemento principal de un metal base migra desde el metal base a un metal de recubrimiento de soldadura para diluir el C, Si, Mn y Cr en el contenido. El metal de recubrimiento de soldadura resultante puede presentar a menudo contenidos de C, Si, Mn y Cr respectivamente inferiores a los del material de soldadura (materia prima). Los contenidos de C, Si, Mn y Cr se pueden reducir de 0 a 20 por ciento en masa. Por el contrario, los otros elementos (Mo, Ni, V y W) indican ausencia de reducción significativa, pero una ligera reducción en el contenido.

10 Tal como se indica en la tabla 4, los materiales de soldadura N.º 3 y 4 correspondientes a ejemplos convencionales eran aleaciones de Co que no contenían Fe de forma inherente, pero los metales de recubrimiento de soldadura resultantes contenían Fe tal como se detectó, debido a que Fe migró desde el metal base. En particular, esto hizo que el material de soldadura N.º 3 tuviera contenidos de Cr y W menores, pero las reducciones en los contenidos fueron de aproximadamente 30 por ciento en masa y no tan significativas. Otros elementos (C, P y S) que Cr y W estaban contenidos en contenidos sustancialmente iguales a los del material de soldadura (materia prima). El metal de recubrimiento de soldadura del N.º 4 no tuvo cambios significativos en el contenido de los elementos, demostrando que había una pequeña diferencia en la composición química entre el material de soldadura y el metal de recubrimiento de soldadura.

Ejemplo experimental 2

20 Para evaluar la ductilidad como un factor determinante de la trabajabilidad de la soldadura, se sometió a cada metal de recubrimiento de soldadura preparado con cada material de soldadura a un ensayo de tracción, sobre la base del cual se midieron inicialmente una resistencia a la tracción (TS) y un porcentaje de alargamiento (EL), cada uno de los materiales de soldadura proporcionados en la tabla 2 se sometió a soldadura de recubrimiento sobre una superficie de un metal base que incluye acero S25C mediante el procedimiento del Ejemplo Experimental 1 para formar una capa de recubrimiento de soldadura con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm.

30 El ensayo de tracción se realizó de acuerdo con la norma industrial japonesa (JIS) Z2201 usando un espécimen de ensayo N.º 14A. Específicamente, se obtuvo muestra en paralelo con perlas de soldadura a partir de una capa de recubrimiento de soldadura formada mediante el método, a partir de la cual se preparó un espécimen de ensayo 1 no proporcional (espécimen de ensayo Gleeble) como se ilustra en la Figura 1 y se sometió al ensayo de tracción. Los valores numéricos en la figura 1 se indican en milímetros (mm). Se aplicó una carga constante de modo que la fuerza en la dirección axial sola se aplicó al espécimen de ensayo 1 no proporcional usando una máquina de ensayo de tracción de Grado 1 como se prescribe en la norma JIS B 7721 "Máquinas de ensayo de tensión/compresión - Verificación y calibración del sistema de medición de fuerza."

35 En el ensayo se determinó una resistencia a la tracción (tenacidad) y un alargamiento después de la fractura. Específicamente, se calcularon una resistencia a la tracción (σ_B) y un alargamiento después de la fractura (δ) mediante las expresiones (1) y (2), respectivamente. Como se usa en el presente documento, la expresión "resistencia a la tracción" se refiere a una tensión (N/mm^2) correspondiente a la fuerza máxima aplicada durante el ensayo; y la expresión "alargamiento después de la fractura" se refiere a un valor en porcentaje obtenido indicando el alargamiento permanente después de la fractura en porcentaje con respecto a la longitud inicial del calibre. En la tabla 5 se indican los resultados del ensayo de tracción de las capas de recubrimiento de soldadura respectivas. Las expresiones (1) y (2) se expresan del siguiente modo:

$$\sigma_B = F_{\max} / A_0 \quad (1)$$

donde F_{\max} representa la fuerza de tracción máxima (N); y A_0 representa el área de la sección transversal inicial (mm^2);

5

$$\delta = (1 - l_0) / l_0 \times 100 \quad (2)$$

donde 1 representa la longitud del calibre (mm) medida juntando un par de superficies de fractura de manera que las líneas centrales de las dos piezas fracturadas derivadas del espécimen de ensayo estén alineadas una con otra; y l_0 representa la longitud inicial del calibre (mm).

10

[Tabla 5]

N.º	Ensayo de tracción		Dureza		Pérdida de peso por abrasión (g)	Observaciones
	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	HRC	HV		
N.º 1	1097	0	58,6	629	4,84	Ejemplo convencional
N.º 2	1066	13,7	37,3	369	6,56	Ejemplo convencional
N.º 3	-	-	-	-	-	Ejemplo convencional
N.º 4	976	2,4	43,7	405	5,74	Ejemplo convencional
N.º 5	-	-	-	-	-	Ejemplo convencional
N.º 6	-	-	56,7	590	0,74	Ejemplo convencional
N.º 11	-	-	25,4	262	-	Ejemplo comparativo
N.º 12	-	-	28,7	289	-	Ejemplo comparativo
N.º 13	718	1	34,1	374	3,07	Ejemplo comparativo
N.º 14	770	1,6	31,5	298	-	Ejemplo comparativo
N.º 15	850	1,6	35,8	366	3,32	Ejemplo comparativo
N.º 20	-	-	36,1	349	3,19	Ejemplo comparativo
N.º 31	1071	13,7	35	330	3,16	Ejemplo
N.º 32	1126	14,5	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 33	936	13	30,3	307	3,05	Ejemplo
N.º 34	1120	9,8	-	-	-	Ejemplo
N.º 35	613	22,3	-	-	-	Ejemplo
N.º 36	1191	9,1	-	-	-	Ejemplo
N.º 37	925	26,3	30,3	288	3,09	Ejemplo
N.º 38	487	16,4	15,8	169	3,08	Ejemplo comparativo
N.º 39	1118	11,3	42,6	421	2,73	Ejemplo
N.º 40	516	14,5	26,3	245	3,12	Ejemplo comparativo
N.º 41	1268	10,9	32,6	339	2,88	Ejemplo comparativo
N.º 42	890	14	26,8	270	2,36	Ejemplo
N.º 43	1210	12,1	39,6	431	2,64	Ejemplo comparativo
N.º 44	964	14,8	25,2	236	3,65	Ejemplo
N.º 45	523	12,8	36,8	364	1,83	Ejemplo comparativo
N.º 46	874	12,9	29,9	311	3,29	Ejemplo comparativo
N.º 47	1195	13,6	30,8	336	2,86	Ejemplo
N.º 48	1041	14,1	30,4	283	2,92	Ejemplo
N.º 49	1121	14,9	31,1	321	2,76	Ejemplo
N.º 50	761	13,3	28,9	271	4,34	Ejemplo
N.º 51	1291	25,8	34,3	367	1,64	Ejemplo

N.º	Ensayo de tracción		Dureza		Pérdida de peso por abrasión (g)	Observaciones
	Resistencia a la tracción (MPa)	Alargamiento (%)	HRC	HV		
N.º 52	1310	10,6	35,1	347	1,31	Ejemplo comparativo
N.º 53	732	13	24,6	255	4,87	Ejemplo comparativo
N.º 54	1186	23,2	38	414	1,55	Ejemplo
N.º 55	1393	11,4	43,3	461	1,08	Ejemplo comparativo
N.º 61	963	12,6	31,8	227	3,28	Ejemplo
N.º 62	1096	11,1	37,7	387	2,72	Ejemplo
N.º 63	1249	10,2	49,8	405	1,65	Ejemplo
N.º 64	1331	9,6	55,4	603	1,29	Ejemplo comparativo

Tal como se indica en la tabla 5, los elementos de aleación se ven afectados de la siguiente manera. Específicamente, las muestras a menudo tenían una resistencia a la tracción menor con un menor contenido de C o Si; mientras que las muestras a menudo tenían una resistencia a la tracción menor con un mayor contenido de C o Si. Las muestras que tienen un contenido de C y un contenido de Si, respectivamente, de 0,1 por ciento) en masa (muestras preparadas con los materiales de soldadura de recargue n.º 38 y 40) tenían una resistencia a la tracción baja de aproximadamente 500 MPa, lo que demuestra que el contenido de C y Si es, deseablemente, de 0,2 por ciento en masa o más.

5 Tal como se indica en la tabla 5, las muestras que tenían contenidos más altos de C y Si tenían una resistencia a la tracción más alta; mientras que las muestras que tenían un mayor contenido de Cr tenían una resistencia a la tracción menor. Esto se debe a que C y Si contribuyen a una mayor resistencia a la tracción, principalmente mediante el fortalecimiento del soluto; mientras que el Cr permite que los compuestos intermetálicos precipiten finamente, permitiendo así que la microestructura policristalina sea más fina y contribuya a una mejor tenacidad. La muestra que tiene un contenido de Cr del 30 por ciento en masa (muestra preparada con el material de soldadura de recargue n.º 45) tenían una resistencia a la tracción baja de aproximadamente 500 MPa, lo que demuestra que el contenido de Cr es, deseablemente, de 30 por ciento en masa o menos.

20 Las muestras que tenían mayores contenidos de V y W tenían a menudo un mayor alargamiento después de la fractura. Esto se debe, probablemente, a que el alargamiento después de la fractura puede captarse como una de las medidas para la evaluación de la tenacidad; y V y W contribuyen al refinamiento de la microestructura policristalina y, de este modo, contribuyen a una mejor tenacidad. Una muestra que tiene contenidos de V y W de 1,11 y 0,45 por ciento en masa, respectivamente (muestra preparada con el material de soldadura de recargue n.º 35) tenía un alargamiento después de la fractura del 22,3 %; mientras que una muestra que tenía contenidos de V y W de 1,43 y 0,89 por ciento en masa, respectivamente (muestra preparada con el material de soldadura de recargue n.º 37) tenía un alargamiento después de la fractura del 26,3 %. Cada uno de ellos tenía un alto alargamiento después de la fractura. Por el contrario, una muestra que tiene un contenido de V del 3,0 por ciento en masa (muestra preparada con el material de soldadura de recargue n.º 52) tiene un alargamiento después de la fractura de 10,6 %; mientras que una muestra que tiene un contenido de W del 2,0 por ciento en masa (muestra preparada con el material de soldadura de recargue n.º 55) tenía un alargamiento después de la fractura de 11,4 %. Cada uno de ellos tenía un alargamiento después de la fractura bajo. Esto es probablemente debido a que se precipitaron grandes cantidades de VC o WC en granos y, por tanto, actuó predominantemente el endurecimiento por precipitación. Los datos demuestran que los contenidos de V y W son, deseablemente, del 2,0 por ciento en masa o menos y del 1,5 por ciento en masa o menos, respectivamente.

35 Las muestras preparadas típicamente con los materiales de soldadura de recargue N.º 41, 43, 47, 49, 52 y 55 tenían una resistencia a la tracción de 1121 a 1393 MPa y un alargamiento de 10,6 % a 14,9 %, ambos a niveles relativamente satisfactorios. Las muestras, sin embargo, tenían un alto contenido de uno de los elementos de aleación Si, Mn, Mo, Ni, V y W e invitaban a un elevado precio de la materia prima. Esto demuestra que las muestras no son óptimas teniendo en cuenta el equilibrio entre precio (coste) y propiedades.

Ejemplo experimental 3

45 Para evaluar la tenacidad como un factor determinante de la trabajabilidad de la soldadura, se prepararon metales de recubrimiento de soldadura mediante soldadura por recubrimiento con cada uno de los materiales de soldadura, se sometieron al ensayo de impacto de Charpy, donde inicialmente se midió un impacto, cada uno de los materiales de soldadura proporcionados en la tabla 2 se sometió a soldadura de recubrimiento sobre una superficie de un metal base que incluye acero S25C mediante el procedimiento del Ejemplo Experimental 1 para formar una capa de recubrimiento de soldadura con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm.

50

- El ensayo de impacto de Charpy se realizó de acuerdo con la norma JIS Z2242 obteniendo una muestra de la capa de recubrimiento de soldadura en paralelo con las perlas de soldadura (eje de soldadura) y preparando un espécimen de ensayo de impacto a partir de la misma. El espécimen de ensayo de impacto era una tira (barra cuadrada) con unas dimensiones de 10 mm por 10 mm en la sección transversal y una longitud de 5 mm. El espécimen de ensayo tiene una dirección longitudinal correspondiente a la dirección de soldadura. Se efectuó una muesca con una anchura de 2 mm y una profundidad de 2 mm en uno de los cuatro lados del espécimen de ensayo de impacto en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal del espécimen de ensayo de impacto y se aplicó un impacto en paralelo con las perlas de soldadura.
- El ensayo de impacto se realizó con un dispositivo de ensayo de impacto de Charpy de acuerdo con la norma JIS B7722, donde se calculó la energía necesaria para romper el espécimen de ensayo de impacto mediante las expresiones (3) y (4), a partir de las cuales se determinó un impacto Charpy por unidad de sección transversal. La figura 2 indica los impactos Charpy de las respectivas capas de recubrimiento de soldadura.

$$E=M(\cos\beta-\cos\alpha) \quad (3)$$

15

$$M=Wr \quad (4)$$

- donde E representa la energía (J) necesaria para romper el espécimen de ensayo; M representa el momento (N • m) alrededor del eje giratorio del martillo; W representa la carga de impacto (N) como masa de martillo; r representa la longitud (m) entre el centro del eje giratorio del martillo y el centro de gravedad; α representa el ángulo de caída del martillo; y β representa el ángulo del martillo al final del balanceo después de romper el espécimen de ensayo.

- Como se ilustra en la Figura 2, no se observó gran diferencia en el valor del impacto de Charpy entre los metales de recubrimiento de soldadura que tienen composiciones químicas diferentes, excepto que el espécimen del ensayo preparado con el material de soldadura de recargue n.º 2 tenía un alto valor de impacto de Charpy. Las superficies de fractura de todos los especímenes de ensayo después de los ensayos fueron superficies de fractura frágiles, como se observó, lo que indica que los especímenes de ensayo presentaron una fragilidad intensa. Las muestras de acuerdo con la realización de la presente invención (especímenes de ensayo preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 33, 37 y 62) tenían cada una un valor de impacto Charpy relativamente alto y se encontró que tenían una tenacidad mejor.

Ejemplo experimental 4

- Se preparó un metal de recubrimiento de soldadura con cada material de soldadura de recargue y se midió la dureza superficial del metal de soldadura. Se midieron una dureza Rockwell (escala C de dureza Rockwell; HRC) y una dureza Vickers (HV), como la dureza de la superficie. Inicialmente, cada uno de los materiales de soldadura proporcionados en la tabla 2 se sometió a soldadura de recubrimiento sobre una superficie de un metal base que incluye acero S25C mediante el procedimiento del Ejemplo Experimental 1 para formar una capa de recubrimiento de soldadura con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. La dureza Rockwell se determinó conforme al ensayo de dureza Rockwell prescrito en la norma JIS G0202. Específicamente, se forzó la entrada de un cono que tenía un ángulo incluido de 120° y un radio de curvatura en la punta de 0,3 mm se introdujo en la superficie del metal de recubrimiento de soldadura con una carga de 60 kgf. Se leyó una profundidad permanente de indentación desde el plano de referencia cuando la fuerza se devolvió a la fuerza de ensayo preliminar (carga) de 10 kgf y se determinó la dureza Rockwell de acuerdo con la expresión de cálculo de dureza Rockwell. La dureza Rockwell se calculó con la escala C.

- La dureza Vickers se midió con un dispositivo medidor de la dureza MVK-E Vickers suministrado por Akashi Corporation (ahora Mitsutoyo Corporation). Se introdujo un indentador de diamante de pirámide cuadrado que tenía un ángulo α entre caras opuestas de 136° en la superficie del metal de recubrimiento de soldadura. Se calculó un área de superficie S (mm²) a partir de la longitud d (mm) de una diagonal de una indentación después de la retirada de la carga. La dureza Vickers se calculó a partir de la relación entre la fuerza de ensayo y el área de superficie conforme a una expresión de cálculo predeterminada.

- En la tabla 5 se indican las durezas Rockwell de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura. Los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 1 con un contenido total alto de Mo, Ni, V y W, y n.º 6 con un contenido alto de C exhibieron una dureza alta. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33 y 37) exhibieron una dureza inferior a los de los n.º 1 y 6, pero tenían una dureza Rockwell de 30 o más, indicativo de que tenían una dicha dureza tal que podían utilizarse como metales de recubrimiento de soldadura sin problema alguno.

En la tabla 5 se indican las durezas Vickers de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura. Las durezas

Vickers tenían una tendencia casi igual que la dureza Rockwell. Los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 1 con un contenido total alto de Mo, Ni, V y W, y n.º 6 con un contenido alto de C exhibieron una dureza Vickers alta. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33, 37, 62 y 63) exhibieron una dureza Vickers de aproximadamente 300 o más, indicativo de que tenían una dicha dureza tal que podían utilizarse como metales de recubrimiento de soldadura sin problema alguno.

La dureza y la tenacidad están en una relación de intercambio. Por esta razón, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33, 37 y 61) exhibieron mejor tenacidad que la de los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 1 y 6.

15 **Ejemplo experimental 5**

Cada metal de soldadura de recubrimiento se evaluó para determinar la resistencia a la corrosión. Las muestras se prepararon de la siguiente manera. Cada uno de los materiales de soldadura proporcionados en la tabla 2 se sometió a soldadura de recubrimiento sobre una superficie de un metal base que incluye acero S25C mediante el procedimiento del Ejemplo Experimental 1 para formar una capa de recubrimiento de soldadura con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. Se obtuvo un espécimen de ensayo (cupón de corrosión) de 15 mm por 15 mm por 15 mm como muestra de la capa de recubrimiento de soldadura mediante mecanizado (hilo cortante). Se preparó una solución de ensayo mezclando ácido clorhídrico (HCl) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) en una proporción de molaridad de 1:1, para dar una solución acuosa (solución acuosa ácida mixta) y diluyendo la solución acuosa con agua intercambiada iónicamente para tener un pH de 2,0. La muestra se sumergió en la solución de ensayo a 80 °C durante 24 horas o 240 horas, se midió la pérdida de peso en la corrosión después del ensayo, en base a lo cual se evaluó la resistencia a la corrosión. Tres especímenes por una capa de recubrimiento de soldadura se sometieron a la medición. Las pérdidas de peso en la corrosión de los tres especímenes se promediaron para dar una cantidad promedio de corrosión y ésta se convirtió basándose en el área de la superficie del espécimen y el tiempo de corrosión en una tasa anual como una tasa de corrosión promedio (mm/a).

La figura 3 ilustra los resultados de la evaluación de resistencia a la corrosión de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura. La figura 3 indica lo siguiente. De los materiales de soldadura de recargue convencionales de la tabla 1, los materiales de soldadura de recargue n.º 1 y 2 dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenían una tasa de corrosión promedio alta y exhibían una resistencia a la corrosión inferior; mientras que los materiales de soldadura de recargue n.º 4 y 6 dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenían una tasa de corrosión promedio baja y exhibían una resistencia a la corrosión buena. Los materiales de soldadura de recargue n.º 13, 15 y 20 dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenían una tasa de corrosión promedio baja y exhibían una resistencia a la corrosión buena. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33, 37, y 61 a 63) tenían una tasa de corrosión promedio relativamente alta, pero no presentaron una resistencia a la corrosión inferior a la de los materiales de soldadura de recargue convencionales y mantuvieron una resistencia a la corrosión igual o superior a la de los materiales de soldadura de recargue convencionales.

45 **Ejemplo experimental 6**

Cada metal de soldadura de recubrimiento se evaluó para determinar la resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión se evaluó mediante un ensayo de abrasión con arena descrito en la American Society for Testing and Materials Standard (ASTM) G65. La figura 4 representa un diagrama conceptual del equipo de ensayo de abrasión con arena. Una muestra de ensayo 2 que incluía el metal de recubrimiento de soldadura se presionó a una rueda recubierta de caucho 3 a una carga de 133 kgf; la rueda revestida con caucho 3 se hizo girar un tiempo predeterminado (6000 revoluciones); y se midió una pérdida de peso con la abrasión después del ensayo para evaluar la resistencia a la abrasión. Se alimentó una arena de ensayo 4 desde una tolva H a entre el espécimen de ensayo 2 y la rueda recubierta de caucho 3, como se ilustra en la Figura 4. La fuerza de presión del espécimen de ensayo 2 hacia la rueda recubierta de caucho 3 la dio un brazo de palanca A, donde se colgó un peso W en un extremo libre del brazo de palanca. La arena de ensayo 4 utilizada fue arena de sílice de plata n.º 6. La rueda recubierta con caucho 3 se hizo girar a una velocidad de rotación de 145 rpm. En la tabla 5 se indican los resultados de la evaluación de resistencia a la abrasión de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura.

La tabla 5 indica lo siguiente. De los materiales de soldadura de recargue convencionales de la tabla 1, los materiales de soldadura de recargue n.º 1, 2 y 4, a excepción del n.º 6, dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenían una gran pérdida de peso con la abrasión de aproximadamente 5 a 6 g y se descubrió que tenían una resistencia a la abrasión inferior. Por el contrario, los materiales de soldadura de recargue n.º 13, 15 y 20 dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenían una pérdida de peso pequeña con la abrasión de aproximadamente 3 g y se descubrió que tenían una resistencia a la abrasión excelente. los metales de

recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33, 37 y 61 a 63) tenían poca pérdida de peso con la abrasión de aproximadamente 3 a 4 g y se descubrió que tenían una resistencia a la abrasión superior a la de los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue convencionales (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º1, 2 y 4).

El material de soldadura convencional n.º 2 proporcionó un metal de recubrimiento de soldadura que tenía una resistencia a la abrasión inferior. Esto es debido, probablemente, a que el material de soldadura contenía elementos de aleación en un contenido bajo como un todo y, por lo tanto, era excesivamente blando. Por el contrario, de los materiales de soldadura de recargue convencionales, los materiales de soldadura de recargue n.º 1 y 4 dieron metales de recubrimiento de soldadura que tenía una resistencia a la abrasión inferior, probablemente porque tenían una tenacidad baja (resistencia a la tracción baja) y se convirtieron en frágiles para aumentar la abrasión agresiva.

Ejemplo experimental 7

Se realizó una simulación de la soldadura y se determinó si se había producido agrietamiento o no en una capa de recubrimiento de soldadura después de la soldadura para evaluar la trabajabilidad de la soldadura de cada material de soldadura de recargue. Como metal base se preparó un acero S25C en forma de una hoja de 200 mm por 300 mm por 50 mm. El metal base se sometió a soldadura de recubrimiento con cada material de soldadura de recargue para formar una capa de recubrimiento de soldadura con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. La soldadura se realizó en las mismas condiciones que en el Ejemplo Experimental 1. Cada muestra (metal base soldado) después de la soldadura se sometió a recocido a 580 °C durante 4 horas y, mediante comprobación del color (inspección de la penetración del colorante), se observó si se producía agrietamiento y cómo se había producido. Se observó visualmente el aspecto de la superficie de la capa de recubrimiento de soldadura. Una muestra que no sufría agrietamiento se evaluó como buena (O); una muestra que sufría agrietamiento fino se evaluó como aceptable "Δ"; y una muestra que sufría agrietamiento grueso se evaluó como mala (fallo) "x". En la tabla 6 se indican los resultados de la evaluación de trabajabilidad de la soldadura de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura.

[Tabla 6]

N.º	Trabajabilidad de la soldadura	Evaluación de la reparabilidad			Identificación de la microestructura	Observaciones
		Primera capa	Segunda capa	Tercera capa		
N.º 1	O	O	O	X	-	Ejemplo convencional
N.º 2	O	O	O	O	-	Ejemplo convencional
N.º 3	-	-	-	-	-	Ejemplo convencional
N.º 4	O	O	X	-	γ-Fe	Ejemplo convencional
N.º 5	-	-	-	-	γ-Fe M	Ejemplo convencional
N.º 6	X	-	-	-	α-Fe, M, Fe ₃ C	Ejemplo convencional
N.º 11	X	X			α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo convencional
N.º 12	X	X			α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 13	O	O	O	X	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 14	O	O	O	O	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 15	O	O	X		α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 16	-	-	-	-	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 17	-	-	-	-	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 18	-	-	-	-	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo
N.º 19	-	-	-	-	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo comparativo

ES 2 627 918 T3

N.º	Trabajabilidad de la soldadura	Evaluación de la reparabilidad			Identificación de la microestructura	Observaciones
		Primera capa	Segunda capa	Tercera capa		
N.º 20	Δ	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 31	O	-	-	-	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 32	O	-	-	-	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo comparativo
N.º 33	O	O	O	O	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 34	O	-	-	-	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 35	O	-	-	-	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 36	O	-	-	-	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 37	O	O	O	O	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 38	X	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 39	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 40	X	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 41	O	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 42	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 43	Δ	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 44	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 45	O	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 46	Δ	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 47	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 48	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 49	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 50	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 51	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 52	O	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 53	O	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 54	O	-	-	-	-	Ejemplo
N.º 55	O	-	-	-	-	Ejemplo comparativo
N.º 61	O	O	O	X	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 62	O	O	O	O	α-Fe, C ₂₃ C ₆	Ejemplo
N.º 63	O	O	O	O	α-Fe, C ₇ C ₃	Ejemplo
N.º 64	X	X	X	X	α-Fe, Cr ₇ C ₃)	Ejemplo comparativo

5 Tal como se indica en la tabla 6, los metales de recubrimiento de soldadura preparados con algunos de los materiales de soldadura de recargue convencionales de la tabla 1 sufrieron agrietamiento. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 31, 33 a 37, y 61 a 63) no sufrieron agrietamiento en la observación y se descubrió que exhibían una trabajabilidad de la soldadura excelente.

Ejemplo experimental 8

Se realizó una simulación de la soldadura de reparación y se determinó si se había producido agrietamiento o no en una capa de recubrimiento de soldadura después de la soldadura de reparación para evaluar la reparabilidad de la soldadura de cada material de soldadura de recargue.

Se preparó un acero S25C en forma de una hoja de 200 mm por 300 mm por 5 mm como metal base y esta se sometió a soldadura de recubrimiento con cada material de soldadura de recargue para formar una capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) que tenía un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. La soldadura se realizó en las mismas condiciones que en el Ejemplo Experimental 1. Cada muestra (metal base soldado) se sometió a recocido a 580 °C durante 4 horas y, mediante comprobación del color (inspección de la penetración del colorante), se observó si se producía agrietamiento y cómo se había producido.

Se sometieron a una evaluación los materiales de soldadura de recargue donde no se observó ningún agrietamiento en la evaluación. Se preparó un acero S25C en forma de una hoja de 200 mm por 300 mm por 5 mm como metal base y esta se sometió a soldadura de recubrimiento con cada material de soldadura de recargue para formar una capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) que tenía un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. A continuación se formó una capa de recubrimiento de soldadura (segunda capa) con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm sobre la capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) mediante el mismo procedimiento anterior. Cada muestra (metal base soldado) se sometió a recocido a 580 °C durante 4 horas y, mediante comprobación del color (inspección de la penetración del colorante), se observó si se producía agrietamiento y cómo se había producido.

Los materiales de soldadura de recargue donde no se observó ningún agrietamiento en la evaluación se sometieron a una evaluación del siguiente modo. Se preparó un acero S25C en forma de una hoja de 200 mm por 300 mm por 5 mm como metal base y esta se sometió a soldadura de recubrimiento con cada material de soldadura de recargue para formar una capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) que tenía un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. A continuación se formó otra capa de recubrimiento de soldadura (segunda capa) con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm sobre la capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) mediante el mismo procedimiento anterior. A continuación se formó otra capa de recubrimiento de soldadura (tercera capa) con un espesor promedio de aproximadamente 3 mm sobre la capa de recubrimiento de soldadura (segunda capa) mediante el mismo procedimiento anterior. Cada muestra (metal base soldado) se sometió a recocido a 580 °C durante 4 horas y, mediante comprobación del color (inspección de la penetración del colorante), se observó si se producía agrietamiento y cómo se había producido.

En la tabla 6 se indican los resultados de la evaluación de reparabilidad de la soldadura de los respectivos metales de recubrimiento de soldadura. En la evaluación, se observó visualmente la superficie más externa de la capa de recubrimiento de soldadura. Una muestra que no sufría agrietamiento se evaluó como buena (O); mientras que una muestra que sufría agrietamiento se evaluó como fracaso (mala) "x".

Los metales de recubrimiento de soldadura preparados con algunos de los materiales de soldadura de recargue convencionales de la tabla 1 sufrieron agrietamiento durante las etapas de recubrimiento de las capas de recubrimiento de soldadura desde la primera capa a la tercera capa. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 33, 37, 62 y 63) no tenían agrietamiento en la observación, incluso tras el recubrimiento de las capas de recubrimiento de soldadura hasta la tercera capa, y se descubrió que exhibían una reparabilidad de soldadura excelente.

Ejemplo experimental 9

Se pudo formar una capa recubierta de cromo duro sobre una superficie de material de soldadura de recargue después de la soldadura (sobre una superficie de la capa de recubrimiento de soldadura), típicamente en una cámara de tratamiento de un equipo de tratamiento, tal como un pulverizador o un reactor tubular. Esto se realiza para permitir que la cámara de tratamiento tenga una mejor resistencia a la abrasión. En este caso, la capa de recubrimiento de soldadura subyacente requiere buena adherencia con la capa cubierta de cromo duro superpuesta. La adherencia entre la capa de recubrimiento de soldadura y la capa cubierta de cromo duro se evaluó mediante un método del siguiente modo.

Se preparó un acero S25C en forma de una hoja de 200 mm por 300 mm por 5 mm como metal base y esta se sometió a soldadura de recubrimiento con cada material de soldadura de recargue y dio una capa de recubrimiento de soldadura (primera capa) que tenía un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. La soldadura se realizó en las mismas condiciones que en el Ejemplo Experimental 1. La muestra (metal base soldado) se sometió a recocido a 580 °C durante 4 horas y sobre ella se formó una capa cubierta de cromo duro hasta un espesor de 200 µm mediante galvanoplastia. Se preparó un baño de revestimiento como una solución acuosa mezclando una solución acuosa de anhídrido crómico (concentración: 250 g/l) y una solución acuosa de ácido sulfúrico (concentración: 2,5 g/l) en una relación de 100:1. Usando esto, la galvanoplastia de recubrimiento con cromo duro se realizó a una

densidad de corriente de 20 A y una distancia entre electrodos de 45 mm para formar una capa cubierta de cromo duro con el espesor predeterminado. El metal base portador de la capa cubierta de cromo duro formada se procesó en un espécimen de ensayo de cizalladura plana 5 como se ilustra en la figura 5. Las figuras 5(a), 5(b) y 5(c) son una vista frontal, una vista lateral y una vista parcialmente aumentada de la vista lateral de la figura 5 (b), respectivamente, del espécimen de ensayo de cizalladura plana 5. El signo de referencia WM representa un metal de recubrimiento de soldadura. La capa cubierta de cromo duro 6 se formó en una tira que tenía una anchura de 2 mm y una longitud de 25 mm, el resto de la cual se retiró completamente. El espécimen de ensayo de cizalladura plana 5 se montó sobre un aparato para medir la velocidad de deformación lenta (máquina para ensayos de tracción). Se introdujo un gancho 7 unido a la cruceta de la máquina para ensayos de tracción desde arriba hacia abajo, como se ilustra en las Figuras 6 y se midió una carga sobre la fractura por cizalladura. Las figuras 6 (a) y 6 (b) son una vista en perspectiva y una vista parcialmente ampliada del lado, respectivamente, de la máquina para ensayos de tracción. La adherencia entre la capa de recubrimiento de soldadura y la capa cubierta de cromo duro se evaluó a partir de la carga de fractura por cizalladura medida. Los signos de referencia M y S representan el metal de base y un separador, respectivamente. La figura 7 ilustra los resultados de la evaluación sobre la adherencia entre el metal de recubrimiento de soldadura y el recubrimiento de cromo duro de las respectivas muestras.

Los materiales de soldadura de recargue convencionales de la tabla 1 dieron principalmente metales de recubrimiento de soldadura (capas de recubrimiento de soldadura) que tenían una mala adherencia con el recubrimiento de cromo duro y tenían una carga de fractura de cizalladura baja. Específicamente, incluso la muestra n.º 2 que tenía la mayor carga de fractura por cizalladura entre ellos tenía una carga de fractura por cizalladura baja, de 143,5 MPa. De los otros materiales de soldadura de recargue, la muestra n.º 20 tenía una carga de fractura por cizalladura máxima de 194,2 MPa como máximo. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue, n.º 33, 37, 62 y 63) tenían cargas de fractura por cizalladura altas, de 249,5 MPa, 256,9 MPa, 217,1 MPa y 253,1 MPa, respectivamente, y se descubrió que tenían una adherencia al recubrimiento de cromo duro excelente.

Ejemplo experimental 10

Las fases (microestructuras) que forman una microestructura policristalina en cada metal de recubrimiento de soldadura se identificaron mediante difracción de rayos X (XRD) (microdifracción de rayos X). En la tabla 6 se resumen los resultados de identificación.

Se descubrió que los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 3 y 4 de la tabla 1 tenían una microestructura policristalina que incluía una microestructura dendrítica. Se descubrió que la microestructura incluía una fase de austenita en la región global próxima, dado que la fase de γ -Fe (a fase de austenita) individual se detectó mediante difracción de rayos X (XRD). Se descubrió que un metal de recubrimiento de soldadura preparado con el material de soldadura de recargue n.º 5 tenía una microestructura que incluía una fase de martensita en una región global próxima, dado que la fase de M (fase de martensita) individual se detectó en XRD. Se descubrió que un metal de recubrimiento de soldadura preparado con el material de soldadura de recargue n.º 6 tenía una microestructura policristalina complicada que incluía tres fases, es decir, una fase de α -Fe (fase de ferrita), una fase de martensita y una fase de Fe_3C (fase de cementita), dado que las tres fases, es decir, la fase de ferrita, la fase de martensita y la fase de cementita se detectaron en XRD. Por el contrario, se descubrió que los metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 11 y 19 tenían una microestructura que incluía dos fases, es decir, una fase de α -Fe (fase de ferrita) y una fase de Cr_7C_3 (fase del compuesto intermetálico). Los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 31, 33, 37, 61 y 62) incluían dos fases, es decir, una fase de α -Fe (fase de ferrita) y una fase de Cr_{23}C_6 (fase del compuesto intermetálico). Los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 63 y 64) incluían dos fases, es decir, una fase de α -Fe (fase de ferrita) y una fase de Cr_7C_3 (fase del compuesto intermetálico).

El pico de ajuste se realizó sobre los picos de difracción de las respectivas fases detectadas en XRD y los contenidos (contenidos relativos) de las fases se calcularon a partir de intensidades del pico (áreas del pico). Como resultado, se descubrió que el metal de recubrimiento de soldadura preparado con el material de soldadura de recargue n.º 13 tenía una relación entre la fase de α -Fe y la fase de Cr_7C_3 de 77,5: 22,5. Por el contrario, los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 31, 33, 37, 61 y 62) tenían relaciones entre la fase α -Fe y la fase Cr_6C_6 de 96,8:3,2, 97,9:2,1, 97,8:2,2, 96,4:3,6 y 96,6:3,4, respectivamente. Los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de recargue n.º 63 y 64) tenían relaciones entre la fase de α -Fe y la fase de Cr_7C_3 de 77,5:22,5 y 70,8:29,2, respectivamente.

Los resultados demuestran que los metales de recubrimiento de soldadura preparados de acuerdo con la realización de la presente invención (metales de recubrimiento de soldadura preparados con los materiales de soldadura de

- recargue, n.º 31, 33, 37, y 61 a 63) incluían cada uno aproximadamente una fase individual de ferrita. La microestructura de ferrita obstruye más fácilmente y de manera estable el hidrógeno que la microestructura de austenita y la microestructura de martensita. Por lo tanto, la microestructura de ferrita resiste ventajosamente la fragilización y agrietamiento por hidrógeno, incluso en una atmósfera ácida (ambiente corrosivo). Específicamente, la
- 5 microestructura de ferrita contribuye ventajosamente a la resistencia a la fragilización por hidrógeno en una atmósfera ácida (ambiente corrosivo), porque el hidrógeno no se acumula localmente en la ferrita incluso, si el hidrógeno se genera por corrosión y se introduce en el acero.
- 10 Tal como se han descrito anteriormente, los materiales de soldadura de acuerdo con la realización de la presente invención, cuando se usan en soldadura de recubrimiento, pueden dar metales de recubrimiento de soldadura que sobresalen en la resistencia a la corrosión ácida y en la resistencia a la abrasión. Los materiales de soldadura, cuando se usan en soldadura de recubrimiento, pueden dar, por tanto, cámaras de tratamiento (piezas de maquinaria) que sobresalen en la resistencia a la corrosión y en la resistencia a la abrasión.
- 15 Las capas de recubrimiento de soldadura formadas sobresalen en ductilidad y tenacidad. Las capas de recubrimiento de soldadura formadas resisten el agrietamiento después de la soldadura y presentan una excelente trabajabilidad de soldadura. Las capas de recubrimiento de soldadura formadas también sobresalen en la resistencia al agrietamiento y la adherencia entre la capa de recubrimiento de soldadura existente y una nueva capa de recubrimiento de soldadura (superpuesta) cuando los materiales de soldadura de recargue se usan en la soldadura
- 20 de recubrimiento de múltiples capas. Las capas de recubrimiento de soldadura formadas presentan una reparabilidad excelente.
- Además, las capas de recubrimiento de soldadura formadas tienen una resistencia a agrietamiento excelente y una adherencia satisfactoria con un recubrimiento de cromo duro. Por lo tanto, puede formarse satisfactoriamente una
- 25 capa recubierta de cromo duro sobre una capa de superficie de las capas de recubrimiento de soldadura formadas.

Aplicabilidad Industrial

- 30 La presente invención se puede usar ampliamente en los campos técnicos de, típicamente, materiales de soldadura de recargue y piezas de maquinaria soldadas con metales de recubrimiento de soldadura.

REIVINDICACIONES

1. Un material de soldadura de recargue que consiste en:
- 5 C en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa;
Si en un contenido de 0,2 a 0,5 por ciento en masa;
Mn en un contenido de 0,5 a 2,0 por ciento en masa;
Cr en un contenido de 15 a 30 por ciento en masa;
Mo en un contenido de 0,2 a 6,0 por ciento en masa;
- 10 W en un contenido de 0,1 a 1,5 por ciento en masa;
opcionalmente, V un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa;
opcionalmente Ni un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa; y
Fe e impurezas inevitables en una cantidad total de 0,05 por ciento en masa o menos y como resto.
- 15 2. El material de soldadura de recargue de acuerdo con la reivindicación 1, donde C está contenido en un contenido de 0,3 a 0,8 por ciento en masa.
3. El material de soldadura de recargue de acuerdo con la reivindicación 1, donde Mn está contenido en un contenido de 0,7 a 1,2 por ciento en masa.
- 20 4. El material de soldadura de recargue de acuerdo con la reivindicación 1, donde Mo está contenido en un contenido de 0,2 a 1,5 por ciento en masa.
5. El material de soldadura de recargue de acuerdo con la reivindicación 1, donde W está contenido en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa.
- 25 6. El material de soldadura de recargue de acuerdo con la reivindicación 1, donde Ni está contenido en un contenido de 0,3 a 1,0 por ciento en masa.
- 30 7. Una pieza de maquinaria que comprende un acero base; y un metal de recubrimiento de soldadura soldado en o sobre una superficie del acero base usando el material de soldadura de recargue de la reivindicación 1, una región con una profundidad de 1 mm desde la superficie del metal de recubrimiento de soldadura que consiste en:
- 35 C en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa;
Si en un contenido de 0,2 a 0,5 por ciento en masa;
Mn en un contenido de 0,5 a 2,0 por ciento en masa;
Cr en un contenido de 15 a 30 por ciento en masa;
Mo en un contenido de 0,2 a 6,0 por ciento en masa;
- 40 W en un contenido de 0,1 a 1,5 por ciento en masa;
opcionalmente, V un contenido de 0,3 a 2,0 por ciento en masa;
opcionalmente Ni un contenido de 0,3 a 6,0 por ciento en masa; y
Fe e impurezas inevitables como resto.
- 45 8. La pieza de maquinaria de acuerdo con la reivindicación 7, donde C está contenido en un contenido de 0,3 a 0,8 por ciento en masa.
9. La pieza de maquinaria de acuerdo con la reivindicación 7, donde Mn está contenido en un contenido de 0,7 a 1,2 por ciento en masa.
- 50 10. La pieza de maquinaria de acuerdo con la reivindicación 7, donde Mo está contenido en un contenido de 0,2 a 1,5 por ciento en masa.
11. La pieza de maquinaria de acuerdo con la reivindicación 7, donde W está contenido en un contenido de 0,2 a 1,0 por ciento en masa.
- 55 12. La pieza de maquinaria de acuerdo con la reivindicación 7, donde Ni está contenido en un contenido de 0,3 a 1,0 por ciento en masa.

FIG. 1

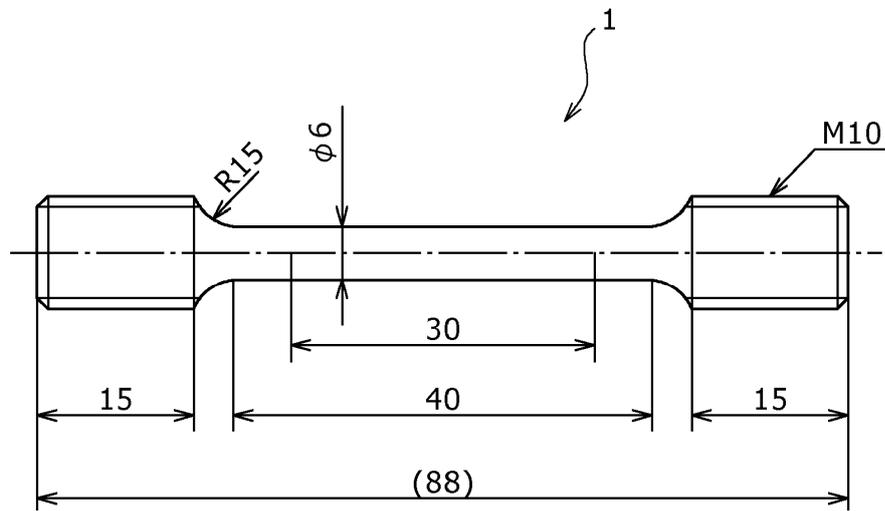


FIG. 2

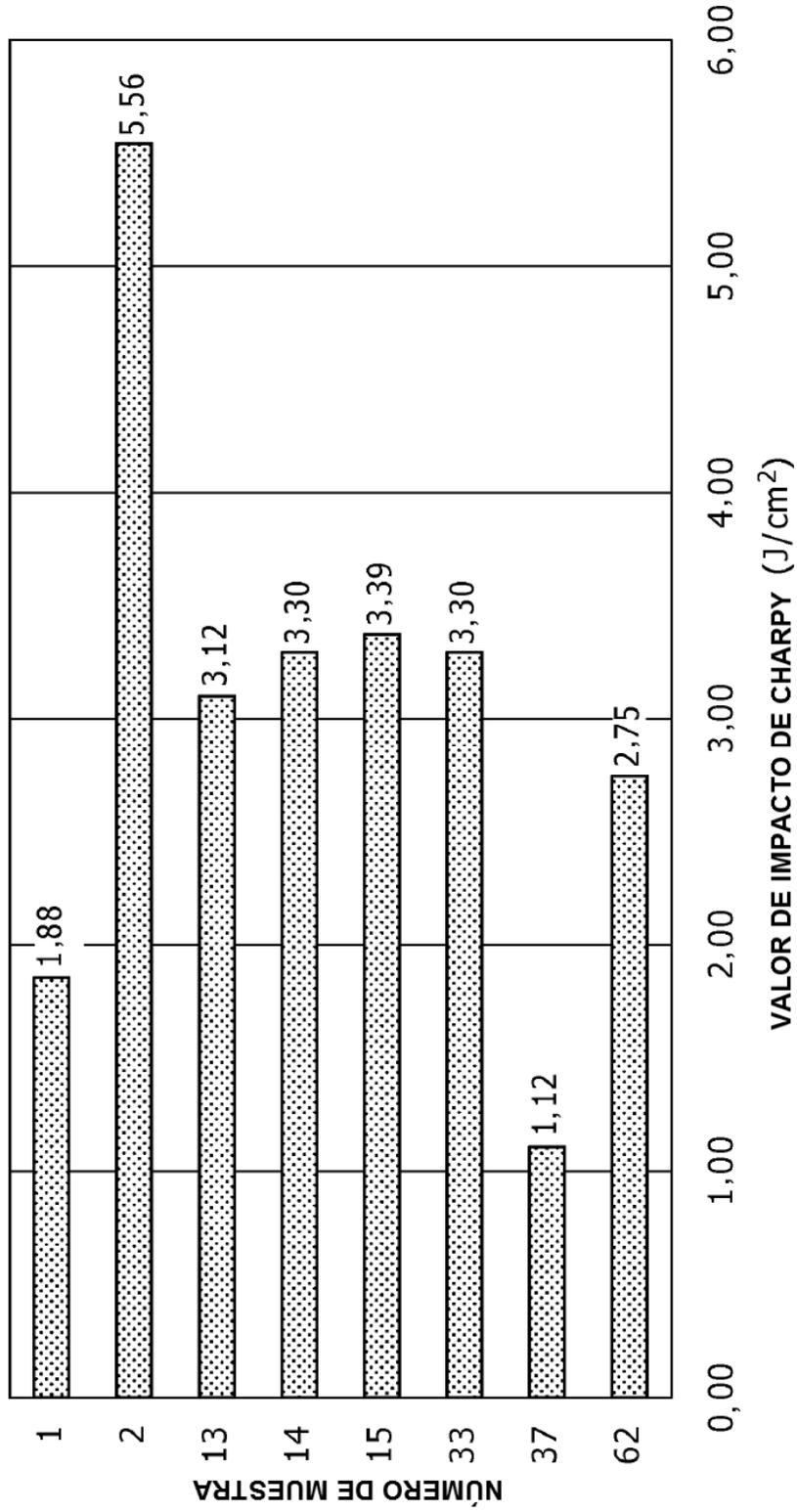


FIG. 3

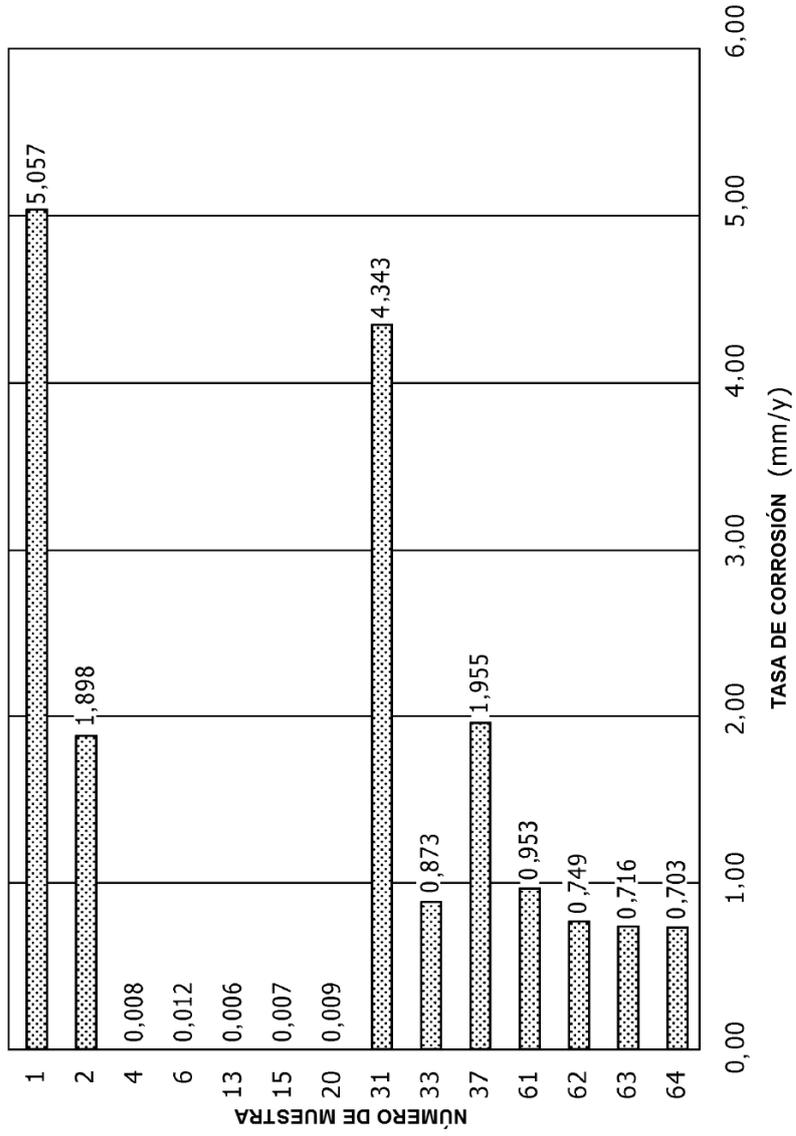


FIG. 4

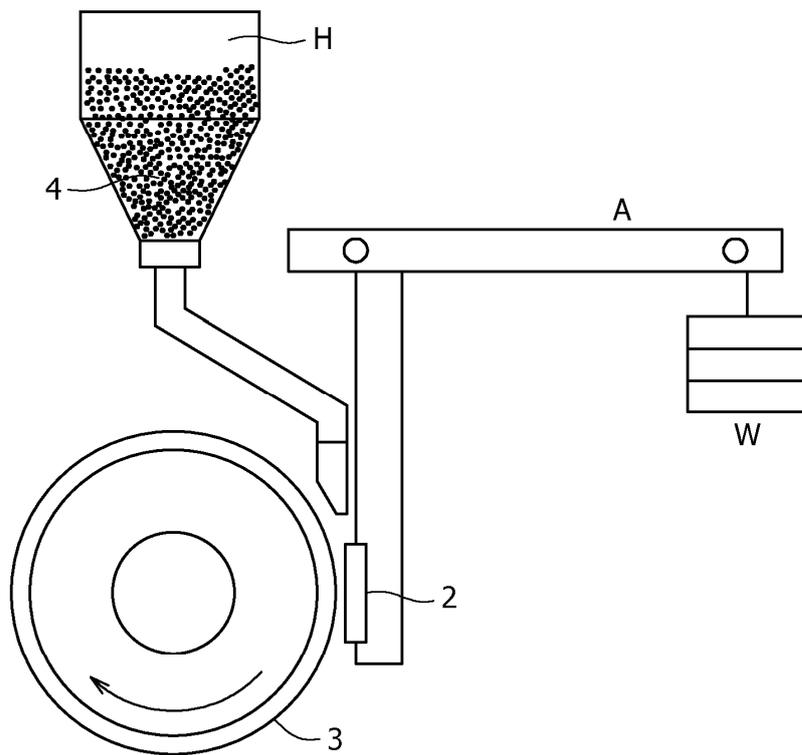


FIG. 5

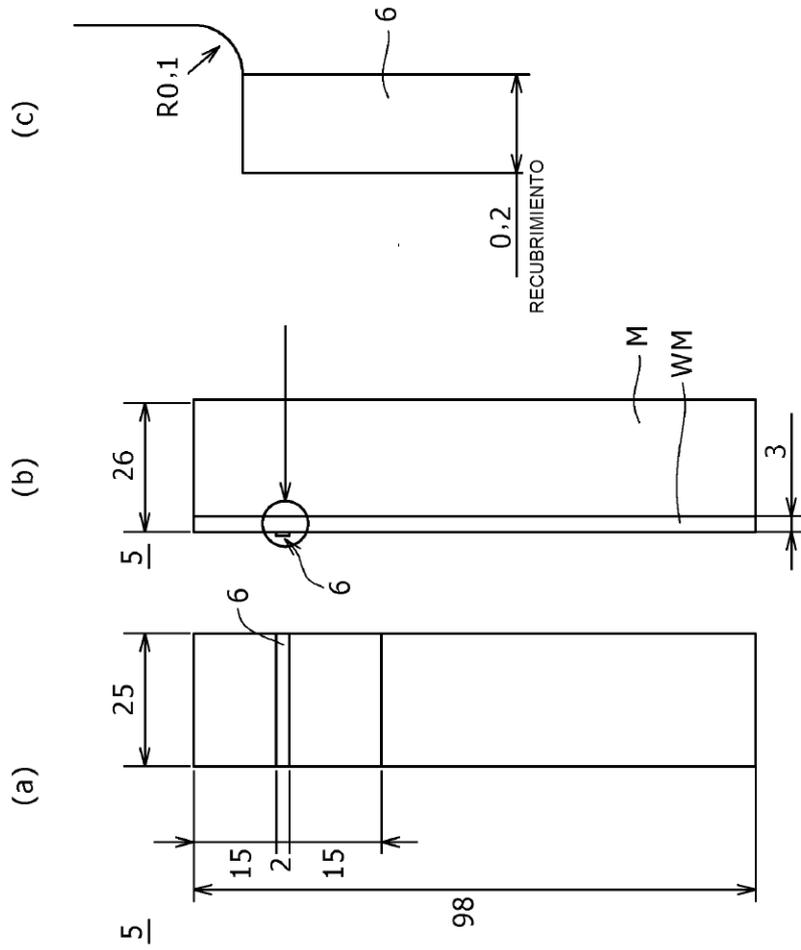


FIG. 6

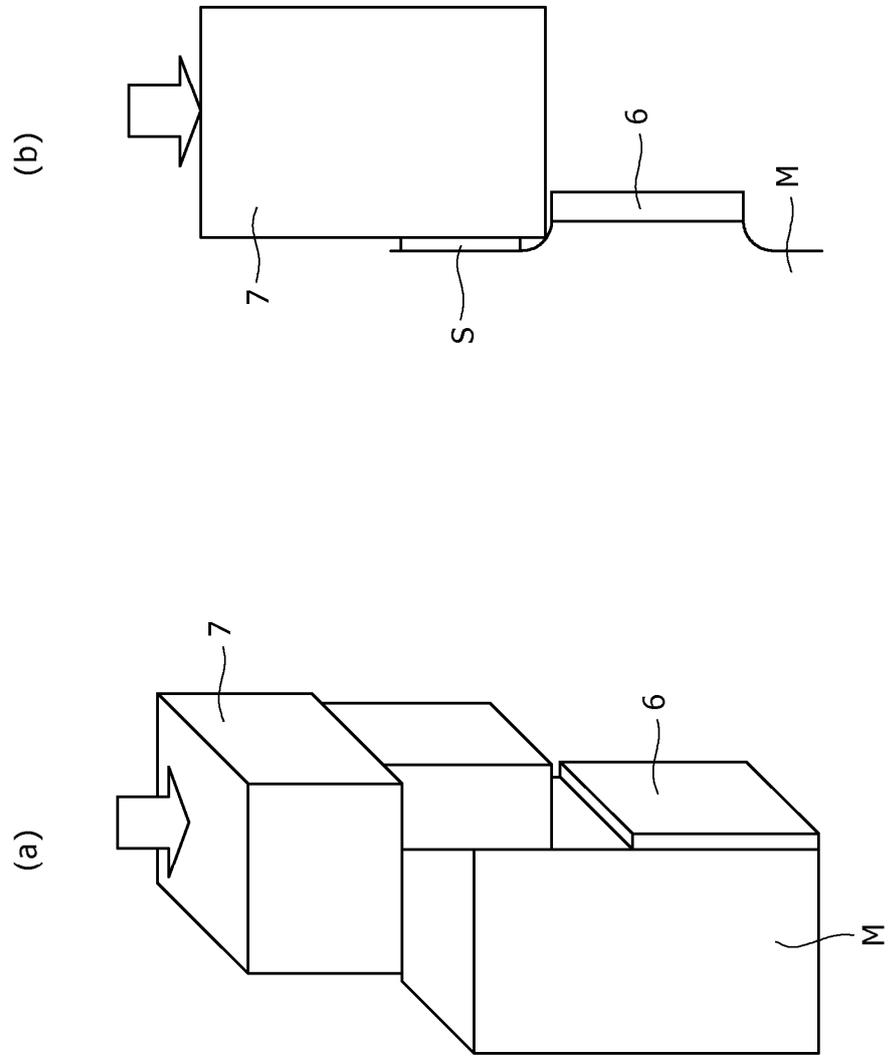


FIG. 7

