

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 137**

51 Int. Cl.:

B23K 35/30	(2006.01)
B23K 9/04	(2006.01)
C23C 30/00	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/02	(2006.01)
C22C 38/34	(2006.01)
B23K 35/24	(2006.01)
B23K 35/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.09.2011 PCT/JP2011/005449**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012 WO12042861**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.09.2011 E 11828427 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2020 EP 2612724**

54 Título: **Material de soldadura por pasadas transversales, metal depositado formado a partir del mismo y elemento que implica metal depositado**

30 Prioridad:

30.09.2010 JP 2010222861

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.07.2020

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (100.0%)
10-26 Wakinohama-cho 2-chome, Chuo-ku Kobe-shi
Hyogo 651-8585 , JP**

72 Inventor/es:

**TAKEDA, TSUTOMU y
KOBAYASHI, RYUICHI**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 776 137 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

Material de soldadura por pasadas transversales, metal depositado formado a partir del mismo y elemento que implica metal depositado

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un material de soldadura por pasadas transversales (soldadura por recrecimiento), un metal depositado y un elemento con el metal depositado y, más en particular, a un material de soldadura por pasadas transversales, un metal depositado y un elemento con el metal depositado, que son adecuados para su uso en un aparato de procesamiento que requiere tanto una alta resistencia a la corrosión como una alta resistencia a la abrasión.

15 **Antecedentes de la técnica**

En un aparato de procesamiento, tal como un pulverizador o un reactor, existen algunos casos donde una sustancia diana que comprende un ácido fuerte, tal como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico, se trata en un entorno corrosivo ácido. Un recipiente de tratamiento para la contención de tal sustancia diana se fabrica mediante el sometimiento de materiales de acero generales a soldadura. Por esta razón, resulta probable que una pared interna del recipiente de tratamiento se dañe debido no solo al desgaste abrasivo sino también a la corrosión por la sustancia diana. Por lo tanto, se desea proporcionar una pared interna (elemento de soldadura) que tenga resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión.

En paralelo, el siguiente Documento de Patente 1 divulga un metal depositado producido mediante soldadura por pasadas transversales (soldadura por recrecimiento), donde este tiene resistencia a la oxidación y resistencia a la abrasión y presenta una alta dureza, a una temperatura de 600 °C o más. El metal depositado comprende C: del 0,5 al 3,0 %, Si: del 3,0 al 7,0 %, Cr: del 25 al 45 %; Mn: del 0 al 10 % y Ni: del 0 al 13 %, donde se cumple la siguiente relación: $Cr \geq - 1,6 Si + 37$ y el resto de la composición consiste en Fe e impurezas inevitables y donde el metal depositado tiene una microestructura de metal en la que se precipitan trozos de carburo en forma de fibra corta finamente y en grandes cantidades. El Documento de Patente 1 también divulga un material de soldadura por pasadas transversales para la formación del metal depositado. El material de soldadura por pasadas transversales comprende C: del 0,5 al 3,0 %, Si: del 3,0 al 7,0 %, Cr: del 25 al 45 %; Mn: del 0 al 10 % y Ni: del 0 al 13 %, donde se cumple la siguiente relación: $Cr \geq - 1,6 Si + 37$ y el resto de la composición consiste en Fe e impurezas inevitables.

35 **LISTA DE DOCUMENTOS DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

[DOCUMENTOS DE PATENTE]

40 Documento de Patente 1: JP 11-226778A y Documento de Patente 2: JP2006 326609

Sumario de la invención

45 Aunque el metal depositado divulgado en el Documento de Patente 1 presenta resistencia a la oxidación a alta temperatura, resistencia a la abrasión a alta temperatura y alta dureza a alta temperatura, se desconoce la resistencia a la corrosión frente a un ácido fuerte a una temperatura más baja (por ejemplo, temperatura ambiente). Además, este metal depositado presenta una dureza extremadamente alta de 550 o más en términos de dureza Vickers, lo que genera preocupaciones sobre la abrasión agresiva cuando este se usa para la pared interna del recipiente de tratamiento.

50 La presente invención se ha realizado en vista de tales circunstancias y un objeto de la misma es proporcionar un metal depositado que tenga excelente resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión, así como tenacidad, a temperatura ambiente, un elemento con el metal depositado y un material de soldadura por pasadas transversales para la formación del metal depositado.

55 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un material de soldadura por pasadas transversales que tiene las características expuestas en la reivindicación 1.

60 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un metal depositado que tiene las características expuestas en la reivindicación 4.

65 De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un elemento que comprende un material de acero que sirve como metal de base y el metal depositado de acuerdo con el segundo aspecto de la presente invención, que se suelda por pasadas transversales sobre una superficie del material de acero.

Los objetos, las características, los aspectos y las ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de

los dibujos adjuntos y de la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

- 5 [FIG. 1] La FIG. 1 es un diagrama que ilustra la dureza Rockwell de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- [FIG. 2] La FIG. 2 es un diagrama que ilustra la dureza Vickers de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- 10 [FIG. 3] La FIG. 3 es un diagrama conceptual que ilustra un principio de un ensayo de abrasión en el suelo.
- [FIG. 4] La FIG. 4 es un gráfico que ilustra un resultado de la evaluación de la resistencia a la abrasión (pérdida de peso por abrasión) en algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- [FIG. 5] La FIG. 5 es un gráfico que ilustra un resultado de la evaluación de la resistencia a la abrasión (pérdida de peso por abrasión) en algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- 15 [FIG. 6] La FIG. 6 es un gráfico que ilustra un resultado de la evaluación de la resistencia a la abrasión (pérdida de peso por abrasión) en algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- [FIG. 7] La FIG. 7 es un gráfico que ilustra un resultado de la evaluación de la resistencia a la corrosión (velocidad de corrosión promedio) en algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- 20 [FIG. 8] La FIG. 8 es un gráfico que ilustra un resultado de la evaluación de la resistencia a la corrosión (velocidad de corrosión promedio) en algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos.
- [FIG. 9] La FIG. 9 son fotografías que representan microestructuras en sección de algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos, como sustitutas de los dibujos.
- 25 [FIG. 10] La FIG. 10 son fotografías que representan microestructuras en sección de algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos, como sustitutas de los dibujos.
- [FIG. 11] La FIG. 11 son fotografías que representan microestructuras en sección de algunos de los metales depositados de los Ejemplos y Ejemplos comparativos, como sustitutas de los dibujos.

Descripción de las realizaciones

30 Con referencia a los dibujos, a continuación, se describirán, de manera específica, las realizaciones de la presente invención. Se debe entender que la presente invención no se limita a las realizaciones de ninguna manera.

[Material de soldadura por pasadas transversales y metal depositado]

35 Un material de soldadura por pasadas transversales de acuerdo con una realización del primer aspecto de la presente invención consiste en C: del 0,2 al 1,5 % en masa, Si: del 0,5 al 2 % en masa, Mn: del 0,5 al 2 % en masa, Cr: del 20 al 40 % en masa, Mo: del 2 al 6 % en masa, Ni: del 0,5 al 6 % en masa, V: del 1 al 5 % en masa, W: del 0,5 al 5 % en masa y, opcionalmente, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

45 Un metal depositado de acuerdo con una realización del segundo aspecto de la presente invención es un metal depositado soldado por pasadas transversales sobre una superficie de un material de acero que sirve como metal de base. El metal depositado consiste en C: del 0,2 al 1,5 % en masa, Si: del 0,5 al 2 % en masa, Mn: del 0,5 al 2 % en masa, Cr: del 20 al 40 % en masa, Mo: del 2 al 6 % en masa, Ni: del 0,5 al 6 % en masa, V: del 1 al 5 % en masa, W: del 0,5 al 5 % en masa y, opcionalmente, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos, siendo el resto Fe e impurezas inevitables. En un caso donde el metal de base es un material de acero sometido a forja o laminado, el metal depositado contiene P: el 0,03 % en masa o menos, excepto el 0 % en masa, y S: el 0,02 % en masa o menos, excepto el 0 % en masa. El metal depositado tiene una microestructura de metal donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita.

55 El metal depositado de acuerdo con esta realización se forma mediante soldadura por pasadas transversales del material de soldadura por pasadas transversales de acuerdo con esta realización sobre un metal de base.

60 El metal de base no está particularmente limitado, siempre y cuando este sea un material de metal capaz de permitir que se forme un material depositado sobre una superficie del mismo mediante soldadura por pasadas transversales. Por ejemplo, un material para la formación de un recipiente de un pulverizador, un reactor o similares incluye diversos aceros inoxidables, acero S25C, acero SC49 y acero SS400.

65 Las condiciones de soldadura por pasadas transversales para la formación del metal depositado de acuerdo con esta realización pueden ser condiciones de soldadura por pasadas transversales convencionales. Un metal depositado que tiene la microestructura de metal mencionada anteriormente (donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita) se puede obtener mediante la realización de una soldadura por pasadas transversales en condiciones

convencionales usando el material de soldadura por pasadas transversales de acuerdo con esta realización. En este sentido, resulta deseable calentar el metal de base durante la soldadura. De manera más específica, resulta deseable calentar y enfriar el metal de base a una velocidad de aumento de temperatura de 100 a 300 °C/h, una temperatura de mantenimiento de 250 a 350 °C y una velocidad de enfriamiento de 15 a 100 °C/h y realizar la soldadura en la condición de que el metal de base se mantenga isotérmicamente a una temperatura de 250 a 350 °C.

A continuación, se describirán las razones por las que los componentes del material de soldadura por pasadas transversales y el metal depositado de acuerdo con las realizaciones anteriores se establecen tal como se ha indicado anteriormente.

C: del 0,2 al 1,5 % en masa

El C (carbono) es un elemento que es eficaz en el mantenimiento de un equilibrio entre la resistencia a la tensión y el alargamiento en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Además, el C es un elemento que es eficaz en la inducción de la precipitación de la cementita (Fe_3C) de tal manera que envuelve los granos de ferrita en los límites de grano en una matriz de ferrita, durante un proceso de enfriamiento después de la soldadura por pasadas transversales. El contenido de C (cantidad de C) es igual al o menor del 1,5 % en masa. Esto se debe a que, si la cantidad de C es mayor del 1,5 % en masa, se produce fragilidad debido al deterioro de la tenacidad, por lo que, en el recipiente de tratamiento, se destaca una tendencia hacia un aumento en la abrasión agresiva. Preferentemente, esta es igual al o menor del 0,8 % en masa. Esto se debe a que, cuando la cantidad de C es igual al o menor del 0,8 % en masa, se forma un metal depositado como acero eutectoide o acero hipoeutectoide, que proporciona una tenacidad aumentada y permite un trabajo más fácil. Al mismo tiempo, la cantidad de C es igual al o mayor del 0,2 % en masa. Esto se debe a que, si la cantidad de C es menor del 0,2 % en masa, el espesor de una fase de cementita a precipitar en los límites de grano en la matriz de ferrita se vuelve más pequeño, por lo que se destaca la tendencia a dificultar la envoltura de los granos de ferrita, incluso parcialmente. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 0,6 % en masa. Esto se debe a que se puede reducir la cantidad de otro elemento a añadir para garantizar la resistencia a la abrasión.

Si: del 0,5 al 2 % en masa

El Si (silicio) es un elemento para la potenciación de la resistencia a la tensión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de Si (cantidad de Si) es igual al o mayor del 0,5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 0,7 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la aparición de la costra roja (herrumbre roja), la cantidad de Si es igual al o menor del 2 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 1,5 % en masa. En el metal depositado de acuerdo con la realización anterior, resulta necesario suprimir la aparición de la costra roja, por la siguiente razón. La costra roja consiste principalmente en $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ y aparece en un estado en el que este está recubierto sobre una superficie de un metal depositado en forma de polvo fino y en un estado calcáreo. La costra roja es extremadamente frágil. Aunque la costra roja se puede retirar mediante decapado, la aspereza de superficie en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido, después del decapado, se vuelve mayor, por lo que resulta más probable que aparezca el agrietamiento.

Mn: del 0,5 al 2 % en masa

El Mn (manganeso) es un elemento que es necesario para garantizar la resistencia y la tenacidad en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de Mn (cantidad de Mn) es igual al o mayor del 0,5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 0,7 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la degradación de la tenacidad y la soldabilidad, la cantidad de Mn es igual al o menor del 2 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 1,5 % en masa.

Cr: del 20 al 40 % en masa

El Cr (cromo) es un elemento que es esencial para la potenciación de la resistencia a la corrosión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Además, el Cr es un elemento para la formación de un carburo y, de manera más específica, un elemento que tiene la función de hacer que un carburo se precipite y endurezca finamente en un grano de cristal de ferrita. Basándose en el endurecimiento por precipitación del carburo fino, se potencia la resistencia a la abrasión. El contenido de Cr (cantidad de Cr) es igual al o mayor del 20 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 24 % en masa. Esto se debe a que, si la cantidad de Cr es menor del 20 % en masa, no se puede obtener la resistencia a la corrosión y la resistencia a la abrasión (dureza) deseadas. Al mismo tiempo, la cantidad de Cr es igual al o menor del 40 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 36 % en masa. Esto se debe a que, si la cantidad de Cr es mayor del 40 % en masa, resulta más probable que se produzca martensita, lo que hace que resulte más probable que se aumente la dureza y se deteriore la tenacidad.

Mo: del 2 al 6 % en masa

5 El Mo (molibdeno) es un elemento para la potenciación de la resistencia a la corrosión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de Mo (cantidad de Mo) es igual al o mayor del 2 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 3,5 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la situación donde se favorece la infiltración de Firelite, es decir, un óxido de Fe y Si (Fe_2SiO_4), debido a la segregación del límite de grano de acero de un compuesto de molibdeno, la cantidad de Mo es igual al o menor del 6 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 4,5 % en masa.

Ni: del 0,5 al 6 % en masa

15 El Ni (níquel) es un elemento para la potenciación de la resistencia a la corrosión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de Ni (cantidad de Ni) es igual al o mayor del 0,5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 0,7 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la situación donde resulta más probable que se produzca austenita, la cantidad de Ni es igual al o menor del 6 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 1,5 % en masa.

20 V: del 1 al 5 % en masa

25 El V (vanadio) es un elemento que tiene la función de formar y endurecer por precipitación un carburo de vanadio (VC) en un metal depositado. Se añade V para potenciar la resistencia a la abrasión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de V (cantidad de V) es igual al o mayor del 1 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 1,5 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la situación donde la tenacidad se deteriora debido a la precipitación de un carburo de vanadio en un grano de cristal de ferrita, la cantidad de V es igual al o menor del 5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 2,5 % en masa.

30 W: del 0,5 al 5 % en masa

35 El W (wolframio) es un elemento que tiene la función de formar y endurecer por precipitación un carburo de wolframio (WC) en un metal depositado. Se añade W para potenciar la resistencia a la abrasión en cada uno de un metal depositado y un metal de soldadura que comprende el metal depositado y un metal de base fundido. Desde el punto de vista de permitir que esta función se ejerza de manera eficaz, el contenido de W es igual al o mayor del 0,5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o mayor del 0,7 % en masa. Al mismo tiempo, desde el punto de vista de suprimir la situación donde la tenacidad se deteriora debido a la precipitación de un carburo de wolframio en un grano de cristal de ferrita, la cantidad de W es igual al o menor del 5 % en masa. Preferentemente, esta es igual al o menor del 1,5 % en masa.

45 El metal depositado de acuerdo con la realización anterior satisface la composición de componentes anterior y el resto de la composición es Fe e impurezas inevitables. Las impurezas inevitables incluyen componentes, tales como Al (aluminio) y Ca (calcio), a mezclar de manera inevitable en un material de soldadura para su uso en la soldadura por pasadas transversales, durante un proceso de producción del material de soldadura.

50 Como otros elementos, el metal depositado de acuerdo con la realización anterior puede contener, además, (A) P: el 0,03 % en masa o menos (excepto el 0 % en masa) y/o S: el 0,02 % en masa o menos (excepto el 0 % en masa) y/o (B) el 15 % en masa total o menos (excepto el 0 % en masa) de uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb. Las razones para la definición de estos intervalos son las siguientes.

55 P: el 0,03 % en masa o menos

60 El P (fósforo) es un elemento que se puede segregar como impureza en los límites de grano en el acero. Cuando el material de acero se estira en una dirección de tensado mediante forja, laminado, etc., se forma una zona segregada de P. La ferrita ($\alpha\text{-Fe}$) se forma en la zona segregada y C se excluye de la zona segregada. Como resultado, se forma $\alpha\text{-Fe}$ por zonas en la zona segregada de P y se forma perlita por zonas en la región restante. Tal zona segregada de P, en general, se denomina "banda de ferrita" y, cuando se forma la banda de ferrita, la ductilidad se deteriora en una dirección perpendicular a la zona. En el caso donde un material de acero sometido a forja o laminado se usa como metal de base y un metal depositado se forma sobre una superficie del metal de base mediante soldadura por pasadas transversales usando un material de soldadura, el contenido de P (cantidad de P) es igual al o menor del 0,03 % en masa. Esto se debe a que, si P en el metal depositado es mayor del 0,03 % en masa, existe el problema de deterioro de la ductilidad debido a la banda de ferrita. En otros casos, la cantidad de P puede ser mayor del 0,03 % en masa.

S: el 0,02 % en masa o menos

5 El S (azufre) es un elemento para la formación, en el acero, de MnS como inclusión basada en sulfuro, que se segrega durante el trabajo en caliente del material de acero, causando la fragilidad del material de acero. En el caso donde un material de acero sometido a forja o laminado se usa como metal de base y un metal depositado se forma sobre una superficie del metal de base mediante soldadura por pasadas transversales usando un material de soldadura, el contenido de S (cantidad de S) es igual al o menor del 0,02 % en masa. Esto se debe a que, si S en el metal depositado es mayor del 0,02 % en masa, se fragiliza un material de acero, causando el problema de que
10 resulte más probable que se agriete. En otros casos, la cantidad de S puede ser mayor del 0,02 % en masa.

15 % en masa total o menos de uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb

15 Un componente capaz de expresar un efecto distinto de los efectos de la presente invención sin afectar al metal depositado de acuerdo con la realización anterior incluye 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). Con el fin de expresar otros efectos, además de los efectos de la presente invención, el metal depositado de acuerdo con la realización anterior puede contener uno o más de los elementos anteriores en una cantidad total del 15 % en masa o
20 menos. Esto se debe a que, siempre y cuando el contenido de los elementos anteriores no sea mayor del 15 % en masa en total, el metal depositado de acuerdo con la realización anterior se mantiene en una microestructura donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita, de manera más específica, en una microestructura policristalina donde una fase de ferrita como matriz presenta características cristalinas y al menos una parte de la periferia del cristal de
25 ferrita está cubierta por una fase de cementita, por lo que resulta posible evitar el deterioro de la resistencia a la corrosión, la resistencia a la abrasión y la tenacidad.

30 El metal depositado de acuerdo con la realización anterior tiene una microestructura de metal donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita. Preferentemente, el metal depositado de acuerdo con la realización anterior tiene una microestructura de ferrita como matriz, donde la microestructura de ferrita tiene una estructura donde la cementita envuelve las periferias de los granos de ferrita. La razón es la siguiente.

35 Una microestructura de ferrita es capaz de absorber y almacenar de manera estable hidrógeno en la misma, en comparación con una microestructura de austenita y una microestructura de martensita, por lo que existe el efecto ventajoso de que resulta menos probable que experimente fragilidad y agrietamiento por hidrógeno incluso en una atmósfera ácida. Es decir, en la microestructura de ferrita, incluso si se genera hidrógeno debido a la corrosión y se incorpora a un material de acero, tal hidrógeno no se acumulará de manera local en la ferrita, por lo que se presenta una excelente resistencia a la fragilidad por hidrógeno en una atmósfera ácida, en comparación con una
40 microestructura de austenita y una microestructura de martensita. Además, la pluralidad de granos de cementita precipitados en los límites de grano de ferrita mantiene la conexión entre los respectivos de los granos de ferrita, más preferentemente, la cementita envuelve la ferrita, por lo que resulta menos probable que la microestructura de ferrita se agriete, en comparación con una microestructura de austenita y una microestructura de martensita.

45 En este sentido, una microestructura de metal del metal depositado divulgado en el Documento de Patente 1 es una microestructura de carburo acicular. En la microestructura de carburo acicular, resulta probable que el hidrógeno se acumule en una interfaz entre el carburo acicular y la ferrita, por lo que resulta más probable que aparezca el agrietamiento inducido por hidrógeno. En particular, resulta más probable que se agriete en una dirección. En comparación con la microestructura de carburo acicular, la microestructura de ferrita anterior es baja en cuanto a la
50 tensión residual y microestructuralmente estable, por lo que existe la ventaja de que resulta menos probable que se agriete.

55 Tal como se ilustra en el siguiente Ejemplo, casi no se produce diferencia de composición entre el material de soldadura por pasadas transversales y el metal depositado de acuerdo con las realizaciones anteriores, excepto únicamente que los contenidos respectivos de Cr, Mo y Ni se reducen ligeramente. Por tanto, como material de soldadura por pasadas transversales de acuerdo con la realización anterior, se puede preparar un material que tenga la misma composición que la del metal depositado de acuerdo con la realización anterior o un material que tenga una composición en la que los contenidos respectivos de Cr, Mo y Ni sean ligeramente mayores que los de una composición diana.

60 [Elemento con metal depositado]

65 Un elemento con un metal depositado, de acuerdo con una realización del tercer aspecto de la presente invención, comprende un material de acero que sirve como metal de base y un metal depositado soldado por pasadas transversales sobre una superficie del material de acero. Este metal depositado es el metal depositado de acuerdo con la realización anterior.

En el elemento de acuerdo con esta realización, el metal de base y el metal depositado se unen a través de una zona afectada por el calor y un metal de base fundido.

5 El metal de base no está particularmente limitado, siempre y cuando este sea un material de acero. En el caso donde el metal de base se usa como material para la formación de un recipiente de un pulverizador, un reactor o similares, este incluye, por ejemplo, diversos aceros inoxidable, acero S25C, acero SC49 y acero SS400, tal como se ha mencionado anteriormente. Entre estos materiales de acero, en vista de suprimir la dilución del metal de base, resulta preferible usar, como metal de base, un material de acero que tenga la misma composición que la del metal depositado de acuerdo con la realización anterior. Sin embargo, el metal de base requiere principalmente resistencia y tenacidad, mientras que el metal depositado requiere principalmente dureza y resistencia a la abrasión. Por lo tanto, en realidad, resulta difícil emplear, como metal de base, un material de acero que tenga la misma composición de componentes que la del metal depositado. Por esta razón, resulta deseable realizar por secuencias una soldadura por pasadas transversales sobre un material soldado por pasadas transversales (metal depositado) todo lo posible, al tiempo que se posiciona el metal de base en una postura vertical. Esto hace posible suprimir, hasta cierto punto, la interdifusión de los elementos de componente (principalmente, Fe) entre el metal de base fundido y el metal depositado, debido a la fuerza gravitatoria y la convección.

20 El elemento de acuerdo con esta realización se puede usar de manera adecuada como recipiente de procesamiento instalado en un aparato de procesamiento, tal como un pulverizador o un reactor, para el tratamiento de una sustancia diana que comprende un ácido, tal como ácido clorhídrico o ácido sulfúrico, en un entorno corrosivo ácido que tiene un pH = de aproximadamente 7,0 a aproximadamente 4,2 y en un intervalo de temperatura de temperatura ambiente a aproximadamente 200 °C. El metal depositado de acuerdo con la realización anterior se puede formar en una pared interna del recipiente de procesamiento mediante soldadura por pasadas transversales, lo que hace posible, de ese modo, potenciar la resistencia a la corrosión y la resistencia a la abrasión del recipiente de procesamiento y, por tanto, prolongar la vida útil del mismo.

30 Aunque la presente invención se describirá de manera más específica a continuación basándose en el Ejemplo, se debe entender que el siguiente Ejemplo no pretende restringir el alcance técnico de la presente invención, sino que se puede implementar con los cambios y las modificaciones adecuadas, siempre y cuando estos se encuentren dentro del alcance de las reivindicaciones. Por lo tanto, tales cambios y modificaciones se deben interpretar como incluidos en el alcance técnico de la presente invención.

Ejemplo

35 A continuación, se realizará una descripción de ejemplos de la invención y comparativos para la demostración de los efectos de la presente invención.

40 La siguiente Tabla 1 ilustra las respectivas composiciones de diversos materiales de soldadura. Se observa que el resto en cada uno de los materiales de soldadura comprende impurezas inevitables, además del Fe o Co descritos en la Tabla 1.

[TABLA 1]

		COMPOSICIÓN (% EN MASA)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	RESTO
EJEMPLO	1	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	2	0,4	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	3	0,25	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	4	0,6	2,0	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	5	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	2,0	4,0	2,0	Fe
	6	1,2	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	7	1,5	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
EJEMPLO COMPARATIVO	8	1,8	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	9	0,6	3,0	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	10	0,6	2,5	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	11	0,6	0,3	1,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	12	0,6	1,2	3,0	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	13	0,6	1,2	0,2	<0,03	<0,02	35,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	14	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	50,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	15	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	19,0	4,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	16	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	10,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	17	0,6	1,2	1,0	<0,03	<0,02	35,0	1,0	1,0	2,0	1,0	Fe
	18	2,5	-	-	<0,03	<0,02	33,0	-	-	-	13,0	Co
	19	1,0	-	-	<0,03	<0,02	26,0	-	-	-	5,0	Co

(continuación)

		COMPOSICIÓN (% EN MASA)										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	RESTO
	20	0,4	0,2	0,6	<0,03	<0,02	13,0	0,3	-	-	-	Fe
	21	4,5	0,7	1,1	<0,03	<0,02	31,0	1,6	-	-	-	Fe

5 La siguiente Tabla 2 ilustra el patrón de componentes químicos del acero al carbono para uso estructural en máquinas (acero S25C) usado como metal de base, es decir, como diana de soldadura. Se observa que el resto del acero S25C comprende impurezas inevitables, además del Fe descrito en la Tabla 2.

[TABLA 2]

MATERIAL	COMPOSICIÓN (% EN MASA)					
	C	Si	Mn	P	S	RESTO
S25C	0,20~0,30	0,15~0,40	0,30~0,60	<0,045	<0,045	Fe

10 Las condiciones de soldadura son las siguientes. Cada uno de los materiales de soldadura ilustrados en la Tabla 1 se usó para la soldadura por pasadas transversales del material de soldadura sobre una superficie de un metal de base que consistía en acero S25C, a fin de formar una capa soldada por pasadas transversales (metal de soldadura por pasadas transversales) que tuviera un espesor promedio de aproximadamente 3 mm. Antes de la soldadura, el metal de base se calentó desde temperatura ambiente hasta 300 °C a una velocidad de aumento de temperatura de 100 °C/h. A continuación, se realizó la soldadura por pasadas transversales en la condición de que el metal de base se mantuviera isotérmicamente a 300 °C. Después de completar la soldadura, el metal de base se enfrió hasta temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento de 20 °C/h. La soldadura por pasadas transversales se realizó en una posición plana con una corriente de soldadura de 280 A y una tensión de soldadura de 30 V y una entrada de calor durante la soldadura fue de 2,0 kJ/mm.

20 La siguiente Tabla 3 ilustra una composición de una capa de superficie (metal depositado) en cada uno de los metales de soldadura por pasadas transversales obtenidos mediante la soldadura. Se observa que el resto en cada capa de superficie comprende impurezas inevitables, además del Fe o Co descritos en la Tabla 3. La capa de superficie significa una región que tiene una profundidad de 1 mm o menos desde la superficie. Una región del metal de soldadura por pasadas transversales que tiene una profundidad de 1 mm se raspó de manera mecánica de la
 25 capa de superficie. A continuación, la parte raspada se disolvió en un ácido dado y se analizó de manera cuantitativa mediante análisis químico y el resultado del análisis se determinó como composición de componentes del metal depositado. En el análisis químico, el C (carbono) y Si se analizaron de manera cuantitativa, respectivamente, mediante un método de absorción de infrarrojos y los elementos restantes se analizaron de manera cuantitativa mediante espectrofotometría de emisión atómica de ICP. La siguiente Tabla 3 es el resultado de un análisis
 30 cuantitativo de los metales depositados determinado de esta manera.

[TABLA 3]

		COMPOSICIÓN (% EN MASA)												
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	W	RESTO		
EJEMPLO	1	0,58	1,15	1,03	<0,03	<0,02	28,47	3,23	0,89	1,76	0,93	Fe		
	2	0,32	1,18	1,04	<0,03	<0,02	28,01	3,22	0,86	1,91	0,82	Fe		
	3	0,23	1,17	0,98	<0,03	<0,02	28,06	3,00	0,78	1,84	0,91	Fe		
	4	0,61	1,95	1,05	<0,03	<0,02	27,99	3,16	0,84	1,89	0,97	Fe		
	5	0,63	0,99	0,80	<0,03	<0,02	28,00	3,30	1,70	3,70	2,02	Fe		
	6	1,15	1,13	0,95	<0,03	<0,02	27,97	3,27	0,88	1,82	1,03	Fe		
	7	1,31	1,08	1,01	<0,03	<0,02	27,98	3,15	0,82	1,85	1,02	Fe		
	8	1,56	1,04	1,03	<0,03	<0,02	28,12	3,18	0,79	1,88	1,00	Fe		
EJEMPLO COMPARATIVO	9	0,58	2,89	1,01	<0,03	<0,02	26,77	3,24	0,81	1,77	0,95	Fe		
	10	0,60	2,41	1,02	<0,03	<0,02	25,97	3,26	0,87	1,87	0,99	Fe		
	11	0,63	0,27	1,02	<0,03	<0,02	28,02	3,06	0,89	1,97	1,01	Fe		
	12	0,59	1,13	2,90	<0,03	<0,02	28,04	3,21	0,91	1,91	1,04	Fe		
	13	0,58	1,18	0,28	<0,03	<0,02	28,01	3,07	0,87	1,78	1,00	Fe		
	14	0,58	1,12	1,03	<0,03	<0,02	41,23	3,12	0,86	1,76	0,98	Fe		
	15	0,61	1,11	1,01	<0,03	<0,02	16,04	3,05	0,89	1,77	0,97	Fe		
	16	0,60	1,09	1,03	<0,03	<0,02	27,93	8,32	0,84	1,91	1,03	Fe		
	17	0,63	1,12	1,02	<0,03	<0,02	27,96	0,87	0,94	1,84	0,89	Fe		
	18	2,18	-	-	<0,03	<0,02	21,83	-	-	-	9,21	Co		
	19	1,16	-	-	<0,03	<0,02	29,99	-	-	-	4,53	Co		
	20	0,37	0,22	0,59	<0,03	<0,02	12,13	0,27	-	-	-	Fe		
	21	3,64	0,87	1,05	<0,03	<0,02	27,03	0,70	-	-	-	Fe		

- Todos los materiales de soldadura de los Ejemplos 1 a 7 y los Ejemplos comparativos 8 a 17, 20 y 21 son aleaciones de Fe. Se observa que, en el metal depositado, la concentración (contenido) de cada uno de Cr, Mo y Ni tiende a disminuir ligeramente, en comparación con el material de soldadura (materia prima). Se considera que esto se debe a que el Fe como elemento constituyente primario del metal de base se dispersa en el metal de soldadura por pasadas transversales durante la soldadura, a fin de diluir la concentración de cada uno de Cr, Mo y Ni. La cantidad de la disminución en la concentración de cada uno de Cr, Mo y Ni es de aproximadamente el 20 %. Por otro lado, en cuanto a cada uno de los elementos restantes (C, Si, Mn, P, S, V y W) distintos de Cr, Mo y Ni, el metal depositado se mantiene aproximadamente a la misma concentración que en el material de soldadura (materia prima).
- Aunque ambos de los materiales de soldadura de los Ejemplos comparativos 18 y 19 son aleaciones de Co, se detectó Fe como componente de aleación. De manera más específica, el Fe originalmente no está contenido en cada uno de los materiales de soldadura de los Ejemplos comparativos 18 y 19. Sin embargo, debido a la dispersión del Fe del metal de base, Fe se mezcló en los mismos, respectivamente, al 9,57 % y el 7,98 %, aunque no se describe en la Tabla 3. Como resultado, en particular, en el Ejemplo comparativo 18, aunque se observa una disminución en la concentración de cada uno de Cr y W, la cantidad de la disminución en la concentración de cada uno de Cr y W es de aproximadamente el 30 %, que no es tan grande. Además, en cuanto a cada uno de algunos elementos (C, P, S) distintos de Cr y W, el metal depositado se mantiene aproximadamente a la misma concentración que en el material de soldadura (materia prima). En el Ejemplo comparativo 19, no se observa un gran cambio en la concentración de cada uno de los elementos contenidos, por lo que la diferencia entre las composiciones respectivas del material de soldadura y el metal depositado es pequeña. Ambos de los materiales de soldadura de los Ejemplos comparativos 20 y 21 son aleaciones de Fe. En este caso, se observa una disminución en la concentración de cada uno de Cr y Mo. Sin embargo, el nivel de la disminución es pequeño. Además, en cuanto a cada uno de algunos elementos (C, Si, Mn, P y S) distintos de Cr y Mo, el metal depositado se mantiene aproximadamente a la misma concentración que en el material de soldadura (materia prima). A partir de los resultados anteriores, se puede decir que la diferencia entre las composiciones respectivas del material de soldadura y el metal depositado es pequeña.

A continuación, se describirá el resultado obtenido al someter cada uno de los metales depositados ilustrados en la Tabla 3 a una medición de la dureza de superficie. Como dureza de superficie, se midieron la dureza Rockwell y la dureza Vickers. De manera más específica, basándose en el ensayo Rockwell especificado en la JIS G 0202, un cono circular (punta: 0,3 mm) que tenía un ángulo de vértice de 120 grados se presionó desde el lado de una superficie de metal de soldadura por pasadas transversales (superficie de metal depositado) con una carga de 60 kgf y se leyó la profundidad de una abolladura permanente a partir de una superficie de referencia después de que la carga volviera a una carga de referencia de 10 kgf. A continuación, la dureza Rockwell se derivó usando una fórmula de cálculo de dureza Rockwell. En el cálculo de la dureza Rockwell, se usó la escala C. La dureza de Vickers se midió usando un dispositivo de ensayo de dureza Vickers MVK-E producido por Akashi Corp. De manera más específica, una máquina de prueba de dureza por indentación en forma de pirámide compuesta por un diamante cuadrilátero en el que el ángulo α entre las caras opuestas es de 136 grados se presionó contra la superficie de metal de soldadura por pasadas transversales (superficie de metal depositado) y el área de superficie S (mm^2) de una abolladura restante después de retirar una carga se calculó a partir de la longitud d (mm) de una línea diagonal de la abolladura. A continuación, la dureza Vickers se calculó basándose en la relación entre la carga de ensayo y el área de superficie, usando una fórmula de cálculo dada.

La FIG. 1 ilustra las respectivas durezas Rockwell de los metales depositados. Los Ejemplos comparativos 18 y 21 que tienen una alta concentración de W o C presentan una alta dureza. En contraste, la dureza de cada uno de los metales depositados de los Ejemplos 1 a 7 es igual a o mayor de 30 en términos de dureza Rockwell, lo que satisface el valor de criterio de aceptación (dureza Rockwell de 30 o más), aunque esta es baja en comparación con los Ejemplos comparativos 18 y 21. Por tanto, estos están en un nivel satisfactorio como metal depositado.

La FIG. 2 ilustra las respectivas durezas Vickers de los metales depositados. Los Ejemplos comparativos 18 y 21 que tienen una alta concentración de W o C presentan una alta dureza. En contraste, la dureza de cada uno de los metales depositados de los Ejemplos 1 a 7 es igual a o mayor de 300 en términos de dureza Vickers, lo que satisface el valor de criterio de aceptación (dureza Vickers de 300 a 500), aunque esta es baja en comparación con los Ejemplos comparativos 18 y 21. Por tanto, estos están en un nivel satisfactorio como metal depositado. En este sentido, se establece un valor límite superior como valor del criterio de aceptación de la dureza Vickers, debido a que la dureza Vickers y la tenacidad tienen una relación de compensación. Se puede decir que los Ejemplos 1 a 5 son de alta tenacidad, en comparación con los Ejemplos comparativos 18 y 21.

A continuación, se describirá el resultado obtenido al someter cada uno de los metales de soldadura por pasadas transversales (metales depositados) ilustrados en la Tabla 3 a un ensayo para la evaluación de la resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión se evaluó mediante el ensayo de abrasión en el suelo especificado en la ASTM G 65. La FIG. 3 es un diagrama conceptual que ilustra un aparato de ensayo de abrasión en el suelo. Tal como se ilustra en la FIG. 3, un tambor 2 giratorio recubierto de caucho se coloca en contacto deslizante con un trozo de ensayo 1 y se suministra arena de sílice 6 desde una tolva 5 hasta una posición entre el trozo de ensayo 1 y el tambor 2 giratorio recubierto de caucho. La fuerza de presión del trozo de ensayo 1 contra el tambor 2 giratorio recubierto de caucho viene dada por un brazo de palanca 3 que tiene un peso 4 colgado de un extremo libre del

mismo. La resistencia a la abrasión de cada uno de los metales depositados se evaluó mediante la presión de una capa de superficie (metal depositado) del trozo de ensayo 1 que consistía en un metal de soldadura por pasadas transversales, contra el tambor 2 giratorio recubierto de caucho con una carga de 13,3 kgf, y mediante el giro del tambor 2 durante un número predeterminado de rotaciones (6.000 rotaciones) para medir las pérdidas de peso por abrasión respectivas del trozo de ensayo 1 después de 2.000 rotaciones, después de 4.000 rotaciones, y después de completar el ensayo (después de 6.000 rotaciones).

Las FIG. 4 a 6 ilustran los resultados de la evaluación de la resistencia a la abrasión en los metales depositados, donde el eje horizontal representa el número de rotaciones deslizantes del tambor 2 y el eje vertical representa la pérdida de peso por abrasión.

Tal como se ilustra en la FIG. 4, entre los metales depositados, el Ejemplo comparativo 21 presentó la mayor resistencia a la abrasión. De manera específica, la pérdida de peso por abrasión del trozo de ensayo 1 después de girar el tambor 2 durante 6.000 rotaciones fue de 1 g o menos. Por otro lado, tal como se ilustra en las FIG. 4 a 6, la pérdida de peso por abrasión en cada uno de los Ejemplos 1 a 5 presentó la segunda resistencia a la abrasión más alta justo detrás del Ejemplo comparativo 21. De manera específica, la pérdida de peso por abrasión después de rotar el tambor 2 durante 6.000 rotaciones fue de 4 g o menos. En comparación con los mismos, tal como se ilustra en la FIG. 4, los Ejemplos comparativos 18 a 20 se evaluó que son inferiores en cuanto a la resistencia a la abrasión. De manera específica, la pérdida de peso del trozo de ensayo después de girar el tambor 2 durante 6.000 rotaciones fue de 5 g o más.

La FIG. 5 es un gráfico para la comparación de las pérdidas de peso por abrasión respectivas en los Ejemplos 1 a 3, 6 y 7 y el Ejemplo comparativo 8 en los que solo se cambia la concentración de C (contenido de C). Tal como se ilustra en la FIG. 5, se obtuvo el resultado de que se deteriora más la resistencia a la abrasión (se aumenta la pérdida de peso por abrasión) a medida que la concentración de C aumenta. Se considera que esto se debe a que la tenacidad se deteriora más a medida que la concentración de C aumenta, lo que acelera la fragilidad, causando un aumento en cuanto a la abrasión agresiva.

La FIG. 6 es un gráfico para la comparación de las pérdidas de peso por abrasión respectivas en los Ejemplos 1 y 4 y los Ejemplos comparativos 9 a 11 en los que solo se cambia la concentración de Si (contenido de Si). Tal como se ilustra en la FIG. 6, se obtuvo el resultado de que se deteriora más la resistencia a la abrasión (se aumenta la pérdida de peso por abrasión) a medida que la concentración de Si aumenta. Se considera que esto se debe a que la tenacidad se deteriora más a medida que la concentración de Si aumenta, lo que acelera la fragilidad, causando un aumento en cuanto a la abrasión agresiva, tal como en el caso de la concentración de C. Aunque los Ejemplos comparativos 11 y 21 tienen una pérdida de peso por abrasión menor que la de los Ejemplos 1 a 7, el Ejemplo comparativo 11 no es adecuado para su uso práctico debido a un contenido excesivamente bajo de Si y el Ejemplo comparativo 12 no es adecuado para su uso práctico debido a un contenido excesivamente grande de C.

A continuación, cada uno de los metales de soldadura por pasadas transversales (metales depositados) ilustrados en la Tabla 3 se sometió al siguiente ensayo de corrosión para evaluar la resistencia a la corrosión de los mismos. Un procedimiento del ensayo de corrosión es el siguiente. En primer lugar, se tomó un trozo de ensayo (muestra para ensayo) que tenía un tamaño de 15 x 15 x 1,5 mm del lado de la capa de superficie de cada uno de los metales de soldadura por pasadas transversales y se usó como muestra. A continuación, se diluyó una solución acuosa (solución acuosa de ácido mixto) obtenida mediante el mezclado de ácido clorhídrico (HCl) y ácido sulfúrico (H₂SO₄) entre sí de tal manera que se estableciera una relación de concentración molar de HCl respecto a H₂SO₄ en 2:1 con agua de intercambio iónico, al tiempo que se ajustaba el pH hasta 2,0, a fin de preparar una solución de ensayo, y cada una de las muestras se sumergió en la solución de ensayo mantenida a 80 °C, durante 24 horas. Posteriormente, se midió la pérdida de peso por corrosión después del ensayo. La resistencia a la corrosión se evaluó basándose en el nivel de pérdida de peso por corrosión.

Las FIG. 7 y 8 ilustran el resultado del ensayo de corrosión en los metales depositados (se observa que una escala del eje horizontal es diferente entre las FIG. 7 y 8). El ensayo de corrosión se llevó a cabo en la condición de que n = 3 y se obtuvo la velocidad de corrosión promedio de las pérdidas de peso por corrosión de las tres muestras. Tal como se ilustra en la FIG. 7, cada uno de los Ejemplos comparativos 20 y 21 tiene una velocidad de corrosión promedio extremadamente grande y el Ejemplo comparativo 18 tiene una velocidad de corrosión promedio relativamente grande, lo que muestra que estos son inferiores a otras muestras (Ejemplos 1 y 5 y Ejemplo comparativo 19) en términos de resistencia a la corrosión. Además, tal como se ilustra en la FIG. 8, en los Ejemplos 1 a 7 y los Ejemplos comparativos 8 a 17, las muestras de los Ejemplos comparativos 9 y 10 que tienen, cada una, una alta concentración de Si (contenido de Si), la muestra del Ejemplo comparativo 12 que tiene una alta concentración de Mn (contenido de Mn) y la muestra del Ejemplo comparativo 17 que tiene una baja concentración de Mo (contenido de Mo) tienen una velocidad de corrosión promedio relativamente alta. En comparación con los mismos, cada una de las muestras de los Ejemplos 1 a 7 tiene una velocidad de corrosión promedio de 0,01 mm/año o menos, lo que satisface el valor de criterio de aceptación (velocidad de corrosión promedio de 0,01 mm/año o menos). Es decir, estas presentan una excelente resistencia a la corrosión.

Los resultados anteriores se ilustran de manera colectiva en la siguiente Tabla 4. La siguiente Tabla 4 ilustra las durezas Rockwell, durezas Vickers y velocidades de corrosión promedias de los Ejemplos de la invención y

comparativos. En la Tabla 4, una muestra que tiene una dureza Rockwell HRc de 30 o más (aceptación) se indica con "buena" y una muestra que tiene una dureza Rockwell HRc de menos de 30 (no aceptación) se indica con "deficiente". Además, una muestra que tiene una dureza Vickers de 300 a 500 (aceptación) se indica con "buena" y una muestra que tiene una dureza Vickers fuera del intervalo (no aceptación) se indica con "deficiente". Tal como se ilustra en la Tabla 4, Los Ejemplos 1 a 7 son adecuados en términos de dureza Rockwell y dureza Vickers (ambas se evaluaron como "buenas") y bajos en cuanto a la velocidad de corrosión promedio. En comparación con los mismos, los Ejemplos comparativos 8 a 10, 12, 17, 18, 20 y 21 son excesivamente altos en cuanto a la velocidad de corrosión promedio e inferiores en cuanto a la resistencia a la corrosión. Además, los Ejemplos comparativos 15 y 17 tienen una dureza Vickers excesivamente baja y los Ejemplos comparativos 14 y 21 tienen una dureza Vickers excesivamente alta.

TABLA 4

		DUREZA ROCKWELL (HRc)	DUREZA VICKERS (Hv)	VELOCIDAD DE CORROSIÓN PROMEDIA (mm/AÑO)
EJEMPLO	1	BUENA	BUENA	0,005
	2	BUENA	BUENA	0,006
	3	BUENA	BUENA	0,005
	4	BUENA	BUENA	0,010
	5	BUENA	BUENA	0,009
	6	BUENA	BUENA	0,009
	7	BUENA	BUENA	0,010
EJEMPLO COMPARATIVO	8	BUENA	BUENA	0,011
	9	BUENA	BUENA	0,035
	10	BUENA	BUENA	0,029
	11	BUENA	BUENA	0,005
	12	BUENA	BUENA	0,026
	13	BUENA	BUENA	0,009
	14	BUENA	DEFICIENTE	0,009
	15	BUENA	DEFICIENTE	0,006
	16	BUENA	BUENA	0,004
	17	BUENA	DEFICIENTE	0,015
	18	BUENA	BUENA	0,2
	19	BUENA	BUENA	0,010
	20	BUENA	BUENA	1,9
	21	BUENA	DEFICIENTE	3,9

A continuación, se describirá el resultado de la observación microscópica en una microestructura de sección transversal de cada uno de los metales de soldadura por pasadas transversales (metales depositados) ilustrados en la Tabla 3. Se formó una capa de metal de soldadura por pasadas transversales sobre un metal de base preparado de acero S25C que tenía un espesor promedio de aproximadamente 3 mm y se cortó un trozo de ensayo mediante mecanizado de tal manera que el metal de base se uniera parcialmente a la capa de metal de soldadura por pasadas transversales. A continuación, la pieza de ensayo se enterró en resina y el bloque de resina obtenido se pulió para preparar una muestra que tuviera una sección transversal expuesta de la capa de metal de soldadura por pasadas transversales. Después de someter la muestra a ataque químico usando agua regia, se observó una parte central en el sentido del espesor del metal de soldadura de acumulación (metal depositado) mediante un microscopio óptico con un aumento de 400 veces. Las FIG. 9 a 11 son micrografías ópticas que indican las microestructuras en sección transversal respectivas de los metales depositados.

El Ejemplo 1 tiene una microestructura policristalina en la que el tamaño de grano de cristal se encuentra en el intervalo de 20 a 40 μm y una matriz es una fase de ferrita. El carburo (Fe₃C: cementita) se observa en los límites de grano de cristal de la microestructura policristalina y se puede determinar que el carburo existe de tal manera que envuelve los granos de cristal de ferrita. En los Ejemplos 6 y 7 y en el Ejemplo comparativo 8 en los que la concentración de C se aumenta con respecto a la del Ejemplo 1, se observa un cambio en la microestructura policristalina junto con un aumento en la concentración de C. De manera específica, el espesor de una capa de carburo (Fe₃C: cementita) a precipitar en los límites de grano de cristal se hace más grande junto con el aumento de la concentración de C. Sin embargo, en el Ejemplo 7, se mantiene una microestructura policristalina similar a la del Ejemplo 1. Por otro lado, en el Ejemplo comparativo 8, la microestructura policristalina observada en el Ejemplo 1 está completamente rota, por lo que no se forma una microestructura policristalina en la que el carburo (cementita) envuelva las periferias de los granos de cristal de ferrita. Se puede decir que la composición química del metal depositado del Ejemplo 7 está cerca de una condición crítica para la formación de la microestructura policristalina en la que la cementita envuelva las periferias de los granos de cristal de ferrita.

Cada uno de los Ejemplos 2 y 3 tiene una microestructura policristalina similar a la del Ejemplo 1. Aunque el carburo (Fe₃C: cementita) se observa en los límites de grano de los granos de cristal de ferrita como matriz, el carburo no existe de tal manera que este envuelva completamente los granos de cristal de ferrita (una pluralidad de granos de

cementita se precipita de manera local en los límites de grano de ferrita, por lo que la cementita envuelve parcialmente los granos de cristal de ferrita). Esta tendencia se presenta de manera más significativa en el Ejemplo 3, en comparación con el Ejemplo 2. Se puede decir que la composición química del metal depositado del Ejemplo 3 está cerca de una condición crítica para la formación de la microestructura policristalina en la que la cementita envuelve parcialmente los granos de cristal de ferrita.

El Ejemplo 4 tiene una microestructura policristalina similar a la del Ejemplo 1.

En el Ejemplo 4 y los Ejemplos comparativos 9 y 10 en los que la concentración de Si aumenta con respecto a la del Ejemplo 1, se observa un cambio en la microestructura policristalina junto con un aumento en la concentración de Si.

De manera específica, el espesor de una capa de carburo (Fe_3C : cementita) a precipitar en los límites de grano de cristal se hace más grande junto con el aumento de la concentración de Si, tal como en los Ejemplos comparativos 9 y 10. En este caso, resulta probable que un óxido de Si (SiO_2) o un óxido compuesto de Si (Fe_2SiO_4) se precipite de manera simultánea en los límites de grano de cristal. El Ejemplo comparativo 9, en el que la concentración de Si se aumenta con respecto al Ejemplo 1 hasta el 3,0 %, tiene una microestructura policristalina similar a la del Ejemplo 1. Sin embargo, debido a la aparición de agregación de una sustancia precipitada en los límites de grano de cristal, se deteriora la capacidad de envolver los granos de cristal de ferrita, por lo que también se observará una sustancia precipitada en los granos de cristal.

En el Ejemplo comparativo 11 en el que la concentración de Si se reduce con respecto al Ejemplo 1, la microestructura policristalina observada en el Ejemplo 1 está completamente rota, por lo que no se forma la microestructura policristalina en la que el carburo (cementita) envuelva las periferias de los granos de cristal de ferrita. Se entiende que una composición química del metal depositado del Ejemplo comparativo 11 no puede formar la microestructura policristalina en la que la cementita envuelva las periferias de los granos de cristal de ferrita.

El Ejemplo comparativo 15 tiene una microestructura policristalina fina y complicada. Esto se debe a que aproximadamente toda la región de una microestructura de metal se forma como fase de martensita.

El Ejemplo 5 tiene una microestructura policristalina similar (análoga) a la del Ejemplo 1. Una matriz en el Ejemplo 5 es una fase de ferrita. El carburo (Fe_3C : cementita) se observa en los límites de grano de cristal de la microestructura policristalina y se puede determinar que el carburo existe de tal manera que envuelve los granos de cristal de ferrita. Cada uno de los Ejemplos comparativos 18 y 19 tiene una microestructura policristalina con una configuración de dendrita. Aproximadamente toda la región de esta microestructura de metal se forma como fase de austenita. En el Ejemplo comparativo 20, aproximadamente toda la región de una microestructura de metal se forma como fase de martensita. Una parte de aspecto de color blanco en la microestructura de metal del Ejemplo comparativo 20 es carburo (Fe_3C : cementita). El Ejemplo comparativo 21 tiene una microestructura policristalina complicada en la que las tres fases: una fase de ferrita, una fase de martensita y una fase de carburo, existen de manera mixta. Tal como se ha indicado anteriormente, en los Ejemplos comparativos 18 a 21, no se forma la microestructura policristalina en la que el carburo (cementita) envuelva las periferias de los granos de cristal de ferrita. En el Ejemplo comparativo 14, el contenido de Cr del material de soldadura es del 50 % en masa, es decir, es mayor del 40 % en masa, por lo que resulta más probable que se produzca martensita y, por lo tanto, resulta difícil formar una matriz como fase de ferrita.

Se examinaron la dureza y resistencia en cada uno de los metales depositados de los Ejemplos 1 a 7 y el Ejemplo comparativo 13. Como resultado, los Ejemplos 1 a 7 presentaron valores satisfactorios. Por otro lado, el Ejemplo comparativo 13 que tiene un contenido bajo de Mn fue inferior a los Ejemplos 1 a 7 en términos de tenacidad y resistencia y no pudo presentar valores satisfactorios.

Tal como se ha descrito anteriormente con detalle, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un material de soldadura por pasadas transversales que contiene C: del 0,2 al 1,5 % en masa, Si: del 0,5 al 2 % en masa, Mn: del 0,5 al 2 % en masa, Cr: del 20 al 40 % en masa, Mo: del 2 al 6 % en masa, Ni: del 0,5 al 6 % en masa, V: del 1 al 5 % en masa y W: del 0,5 al 5 % en masa, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

Preferentemente, en el material de soldadura por pasadas transversales de la presente invención, un metal depositado contiene: C en una cantidad del 0,6 al 0,8 % en masa; Si en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Mn en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Cr en una cantidad del 24 al 36 % en masa; Mo en una cantidad del 3,5 al 4,5 % en masa; Ni en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; V en una cantidad del 1,5 al 2,5 % en masa; y W en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa.

El material de soldadura por pasadas transversales de la presente invención puede contener, además, P: el 0,03 % en masa o menos y S: el 0,02 % en masa o menos.

El material de soldadura por pasadas transversales de la presente invención puede contener, además, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos.

De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un metal depositado que se produce mediante

soldadura por pasadas transversales, donde el metal depositado contiene C: del 0,2 al 1,5 % en masa, Si: del 0,5 al 2 % en masa, Mn: del 0,5 al 2 % en masa, Cr: del 20 al 40 % en masa, Mo: del 2 al 6 % en masa, Ni: del 0,5 al 6 % en masa, V: del 1 al 5 % en masa y W: del 0,5 al 5 % en masa, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

5 De acuerdo con la característica anterior, el metal depositado de la presente invención producido mediante soldadura por pasadas transversales se forma en una microestructura de metal que tiene una matriz de ferrita, en la que la cementita envuelve al menos una parte de las periferias de los granos de ferrita. La matriz de ferrita contiene Cr, Mo y Ni. La ferrita es resistente a la fragilidad por hidrógeno en comparación con la austenita y la martensita y la resistencia a la corrosión se potencia basándose en Cr, Mo y Ni. Por tanto, el metal depositado de la presente
10 invención tiene el efecto ventajoso de ser capaz de suprimir la fragilidad y el agrietamiento por hidrógeno y mantener la tensión residual baja y estable, incluso en una atmósfera ácida, y presenta una excelente resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión. Además, este presenta propiedades mecánicas que tienen un buen equilibrio entre la dureza y la tenacidad.

15 La cantidad de Si en el metal depositado de la presente invención se encuentra en el intervalo del 0,5 al 2 % en masa, que es menor que la del metal depositado divulgado en el Documento de Patente 1. Por tanto, resulta menos probable que se produzca una grieta debido a la costra roja.

20 Preferentemente, el metal depositado de la presente invención contiene: C en una cantidad del 0,6 al 0,8 % en masa; Si en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Mn en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Cr en una cantidad del 24 al 36 % en masa; Mo en una cantidad del 3,5 al 4,5 % en masa; Ni en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; V en una cantidad del 1,5 al 2,5 % en masa; y W en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa.

25 De acuerdo con esta configuración, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la abrasión y la dureza se pueden potenciar adicionalmente.

El metal depositado de la presente invención puede contener, además, P: el 0,03 % en masa o menos y S: el 0,02 % en masa o menos.

30 El metal depositado de la presente invención puede contener, además, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos.

35 Preferentemente, el metal depositado de la presente invención tiene una microestructura de metal donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita. Más preferentemente, la microestructura de metal del metal depositado es una microestructura policristalina que tiene una matriz formada como fase de ferrita, donde la cementita existe en los límites de grano de cristal de los granos de cristal de ferrita, al tiempo que envuelve las periferias de los granos de cristal de ferrita.

40 De acuerdo con esta característica, la pluralidad de granos de cementita precipitados en los límites de grano de ferrita mantienen la conexión entre los respectivos de los granos de ferrita, más preferentemente, la cementita envuelve la ferrita, por lo que resulta menos probable que la microestructura de ferrita como matriz se agriete, en comparación con una microestructura de austenita y una microestructura de martensita, y se potencia la resistencia a la corrosión a los ácidos.
45

De acuerdo con otro aspecto más de la presente invención, se proporciona un elemento que comprende un material de acero que sirve como metal de base y un metal depositado soldado por pasadas transversales sobre una superficie del material de acero, donde el metal depositado contiene C: del 0,2 al 1,5 % en masa, Si: del 0,5 al 2 % en masa, Mn: del 0,5 al 2 % en masa, Cr: del 20 al 40 % en masa, Mo: del 2 al 6 % en masa, Ni: del 0,5 al 6 % en masa, V: del 1 al 5 % en masa y W: del 0,5 al 5 % en masa, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
50

De acuerdo con esta configuración, el metal depositado soldado por pasadas transversales sobre la superficie del material de acero como metal de base presenta una excelente resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión y presenta propiedades mecánicas que tienen un buen equilibrio entre la dureza y la tenacidad, por lo que el elemento se puede usar de manera adecuada como elemento de un pulverizador, un reactor o cualquier otro dispositivo mecánico para el tratamiento de una sustancia ácida.
55

60 Preferentemente, en el elemento de la presente invención, el metal depositado contiene: C en una cantidad del 0,6 al 0,8 % en masa; Si en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Mn en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Cr en una cantidad del 24 al 36 % en masa; Mo en una cantidad del 3,5 al 4,5 % en masa; Ni en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; V en una cantidad del 1,5 al 2,5 % en masa; y W en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa.

De acuerdo con esta configuración, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la abrasión y la tenacidad del elemento se pueden potenciar adicionalmente.
65

En el elemento de la presente invención, el metal depositado puede contener, además, P: el 0,03 % en masa o

menos y S: el 0,02 % en masa o menos.

5 Preferentemente, en el elemento de la presente invención, el metal depositado tiene una microestructura de metal donde una matriz comprende una pluralidad de granos de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita. Más preferentemente, la microestructura de metal del metal depositado es una microestructura policristalina que tiene una matriz formada como fase de ferrita, donde la cementita existe en los límites de grano de cristal de los granos de cristal de ferrita, al tiempo que envuelve las periferias de los granos de cristal de ferrita.

10 De acuerdo con esta configuración, la pluralidad de granos de cementita precipitados en los límites de grano de ferrita mantienen la conexión entre los respectivos de los granos de ferrita, más preferentemente, la cementita envuelve la ferrita, por lo que resulta menos probable que la microestructura de ferrita como matriz se agriete, en comparación con una microestructura de austenita y una microestructura de martensita, y la resistencia a la corrosión del elemento a los ácidos se potencia adicionalmente.

15 **Aplicabilidad industrial**

20 Tal como se ha indicado anteriormente, el metal depositado formado a partir del material de soldadura por pasadas transversales de la presente invención es adecuado para su uso en un aparato que requiere una excelente resistencia a la corrosión y resistencia a la abrasión, tal como un pulverizador, un reactor o cualquier otro dispositivo mecánico, para el tratamiento de una sustancia ácida o un objeto extraído de un suelo ácido y tiene una utilidad práctica para tal fin.

REIVINDICACIONES

1. Un material de soldadura de por pasadas transversales que consiste en
 C: del 0,2 al 1,5 % en masa,
 5 Si: del 0,5 al 2 % en masa,
 Mn: del 0,5 al 2 % en masa,
 Cr: del 20 al 40 % en masa,
 Mo: del 2 al 6 % en masa,
 Ni: del 0,5 al 6 % en masa,
 10 V: del 1 al 5 % en masa,
 W: del 0,5 al 5 % en masa, y
 opcionalmente, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y
 Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos,
 siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
 15
2. El material de soldadura por pasadas transversales, tal como se define en la reivindicación 1, que contiene: C en
 una cantidad del 0,6 al 0,8 % en masa; Si en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Mn en una cantidad del 0,7 al
 1,5 % en masa; Cr en una cantidad del 24 al 36 % en masa; Mo en una cantidad del 3,5 al 4,5 % en masa; Ni en una
 20 cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; V en una cantidad del 1,5 al 2,5 % en masa; y W en una cantidad del 0,7 al 1,5 %
 en masa.
3. El material de soldadura por pasadas transversales, tal como se define en la reivindicación 1 o 2, que contiene P:
 el 0,03 % en masa o menos y S: el 0,02 % en masa o menos.
- 25 4. Un metal depositado, formado a partir del material de soldadura por pasadas transversales, tal como se define en
 una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, y soldado por pasadas transversales sobre una superficie de un
 material de acero que sirve como metal de base, donde el metal depositado consiste en
 C: del 0,2 al 1,5 % en masa,
 Si: del 0,5 al 2 % en masa,
 30 Mn: del 0,5 al 2 % en masa,
 Cr: del 20 al 40 % en masa,
 Mo: del 2 al 6 % en masa,
 Ni: del 0,5 al 6 % en masa,
 V: del 1 al 5 % en masa,
 35 W: del 0,5 al 5 % en masa, y
 opcionalmente, uno o más seleccionados del grupo que consiste en Ti, Co, Cu, Zr, Nb, Pd, Ag, Sn, Hf, Ta, Pt, Au y
 Pb, en una cantidad total del 15 % en masa o menos,
 siendo el resto Fe e impurezas inevitables,
 donde en un caso donde el metal de base es un material de acero sometido a forja o laminado, el metal depositado
 40 contiene P: el 0,03 % en masa o menos, excepto el 0 % en masa, y S: el 0,02 % en masa o menos, excepto el 0 %
 en masa, y
 donde el metal depositado tiene una microestructura de metal donde una matriz comprende una pluralidad de granos
 de ferrita y una pluralidad de granos de cementita se precipita a partir de los límites de grano de ferrita.
- 45 5. El metal depositado, tal como se define en la reivindicación 4, que contiene: C en una cantidad del 0,6 al 0,8 % en
 masa; Si en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Mn en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa; Cr en una
 cantidad del 24 al 36 % en masa; Mo en una cantidad del 3,5 al 4,5 % en masa; Ni en una cantidad del 0,7 al 1,5 %
 en masa; V en una cantidad del 1,5 al 2,5 % en masa; y W en una cantidad del 0,7 al 1,5 % en masa.
- 50 6. Un elemento que comprende un material de acero que sirve como metal de base y el metal depositado, tal como
 se define en la reivindicación 4 o 5, que se suelda por pasadas transversales sobre una superficie del material de
 acero.

FIG.1

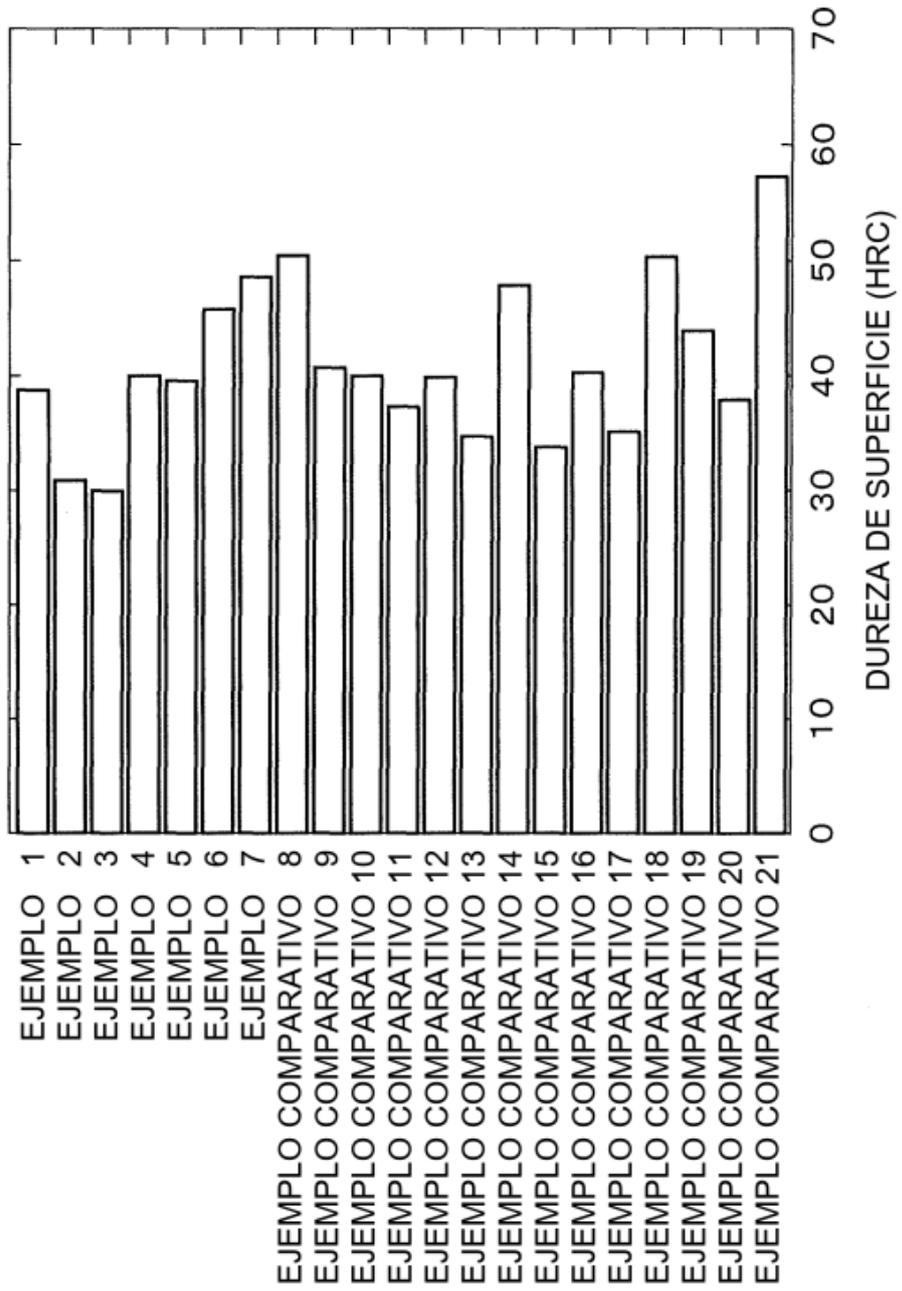


FIG.2

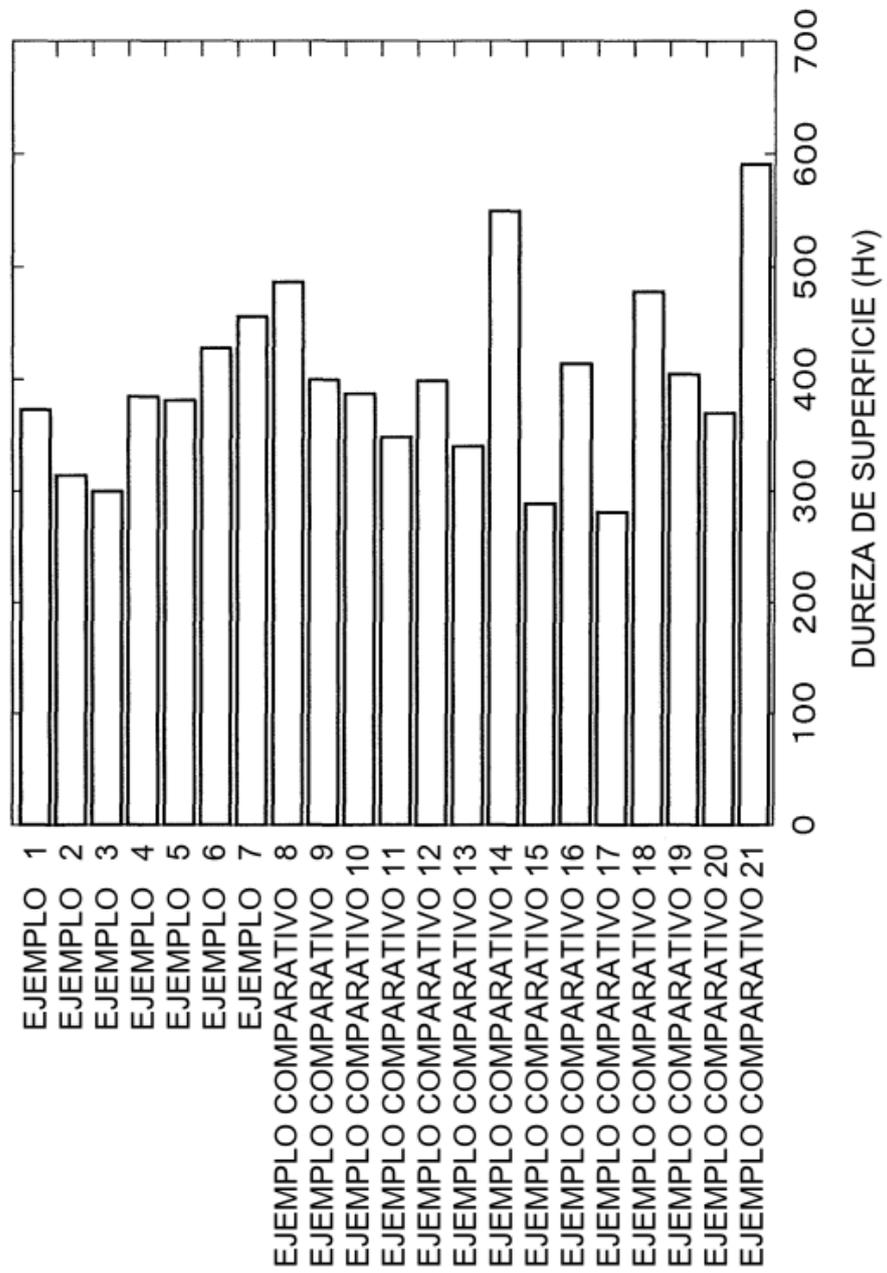


FIG.3

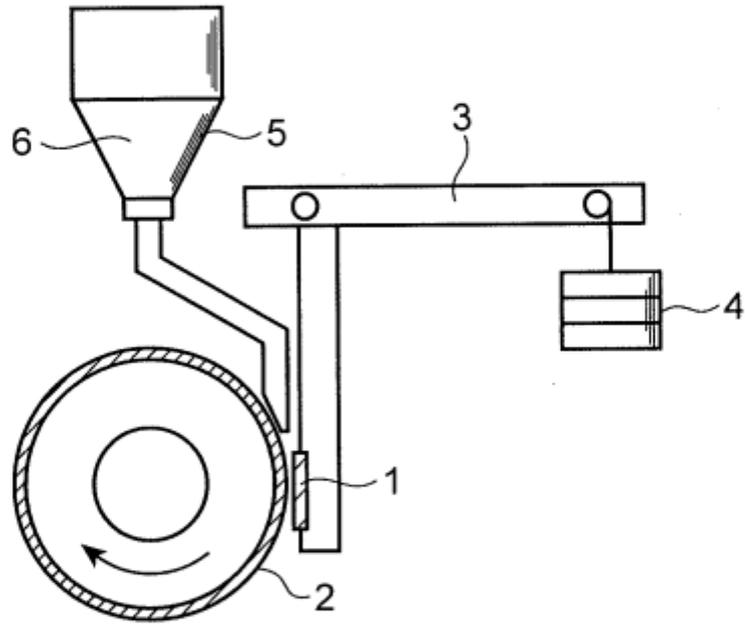


FIG.4

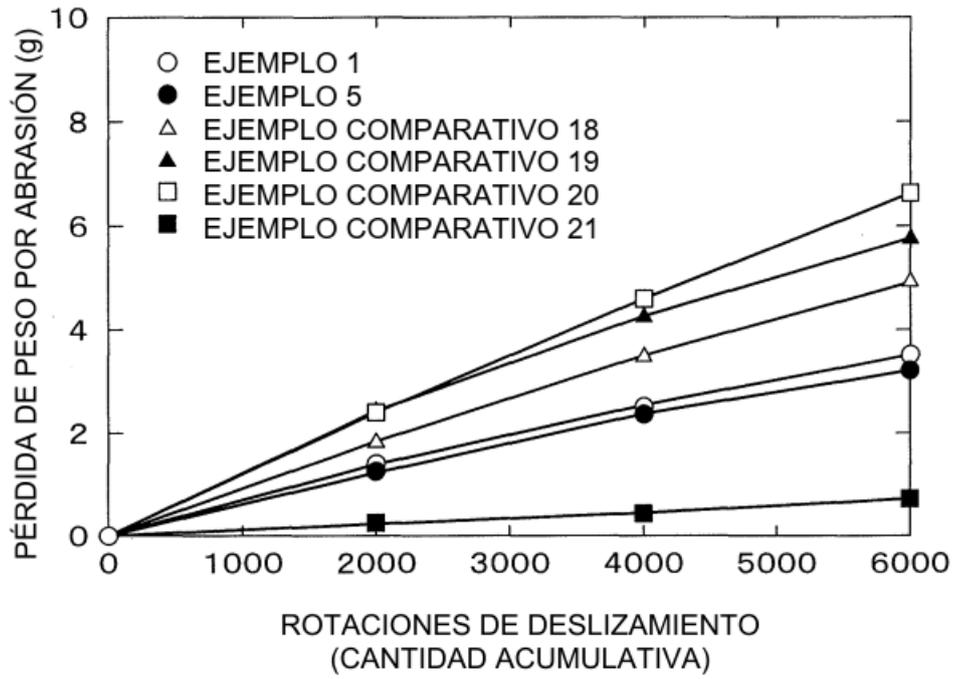


FIG.5

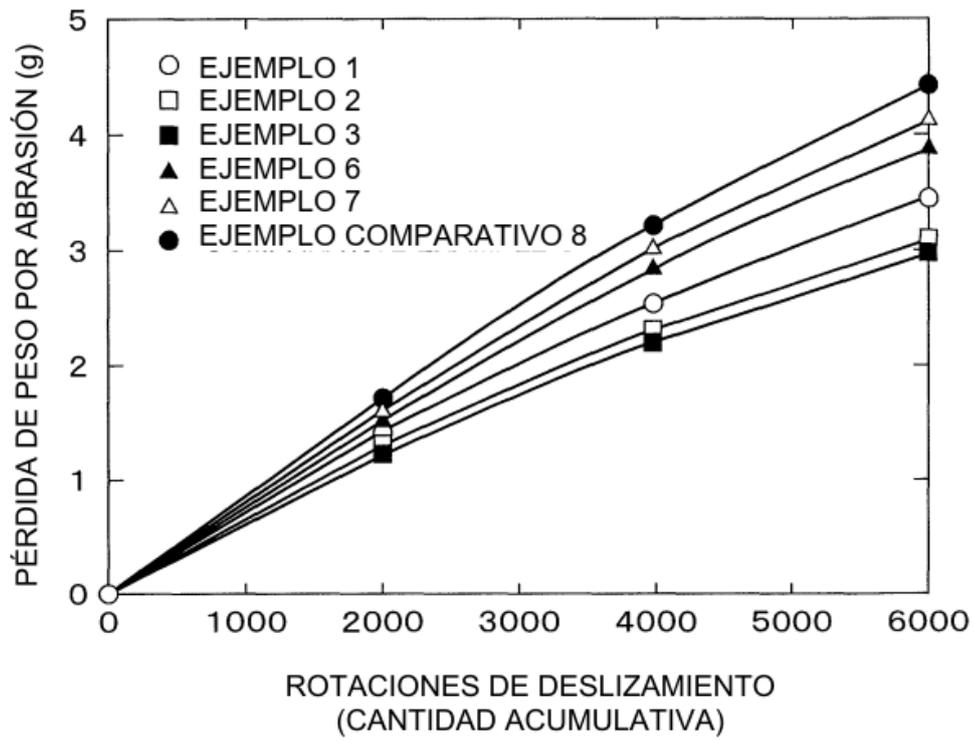


FIG.6

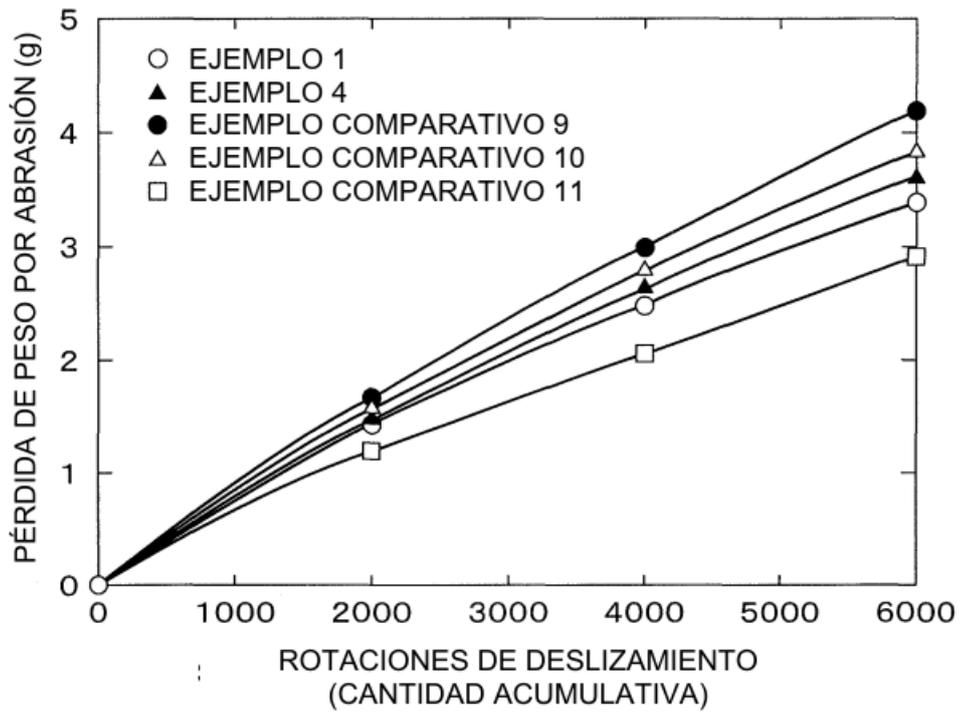


FIG.7

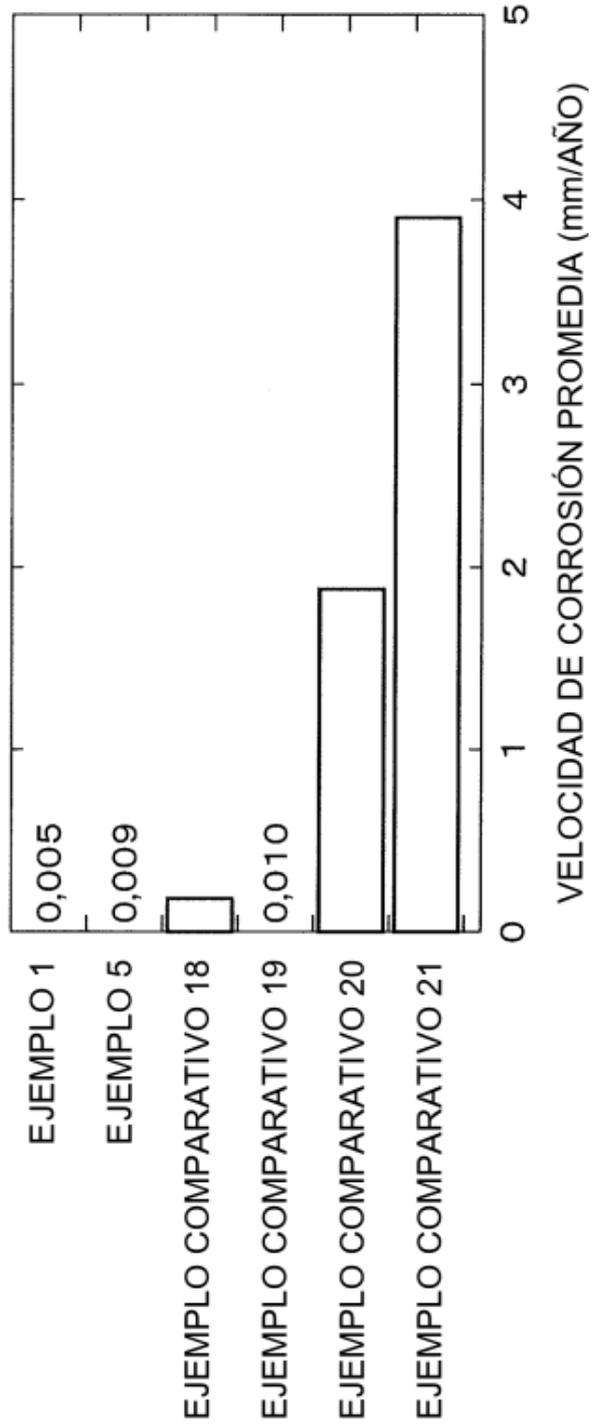


FIG.8

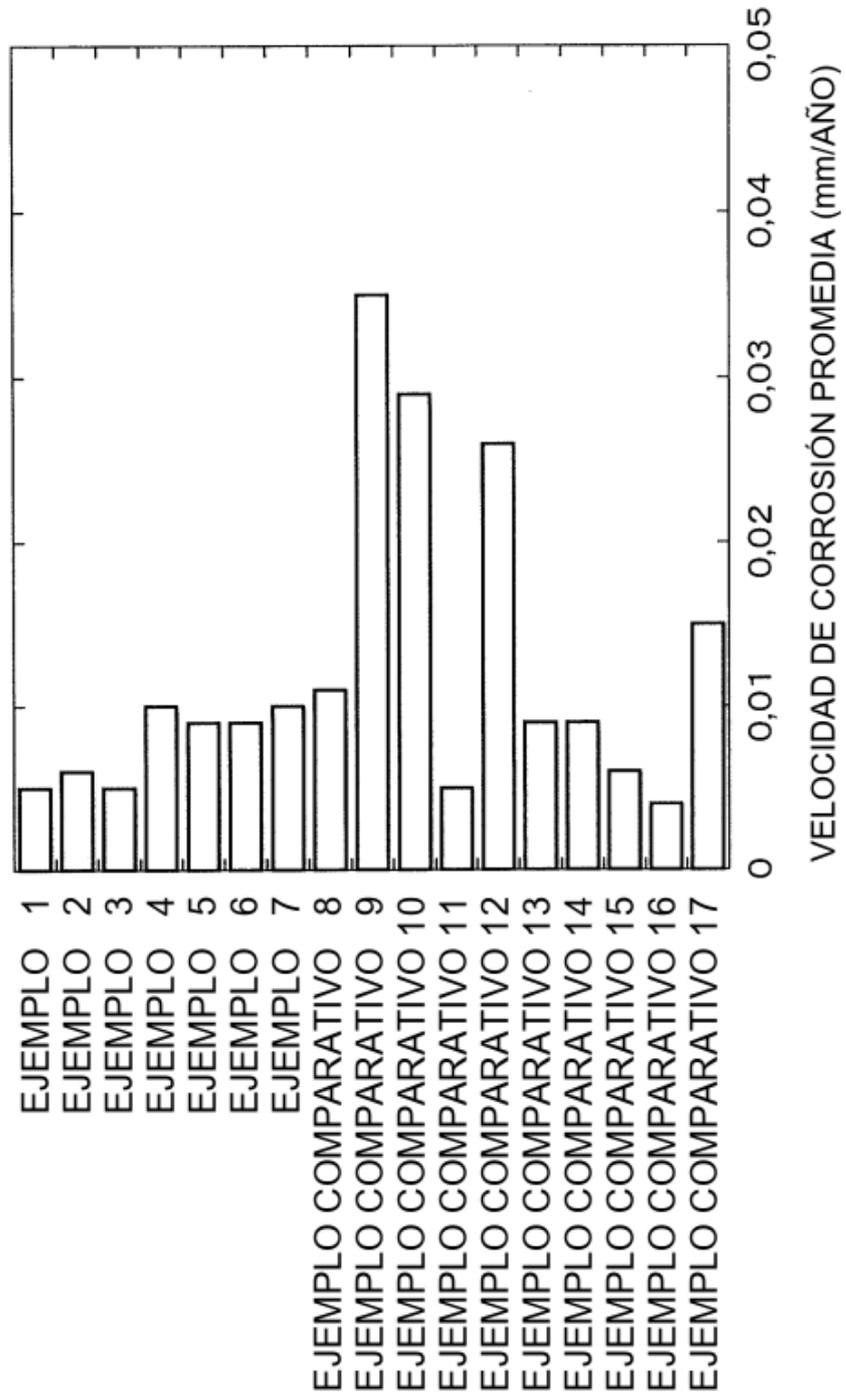


FIG.9

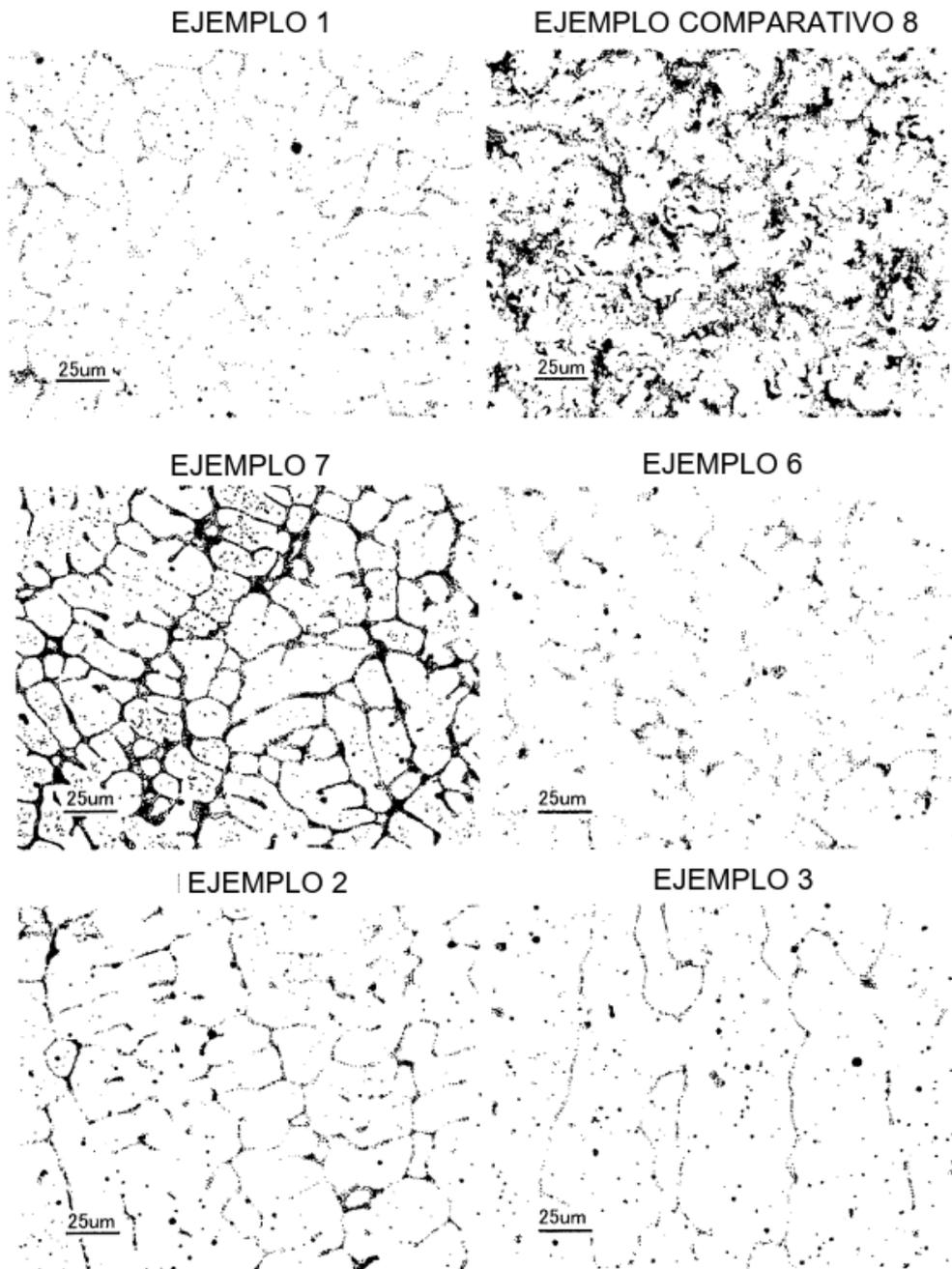


FIG.10

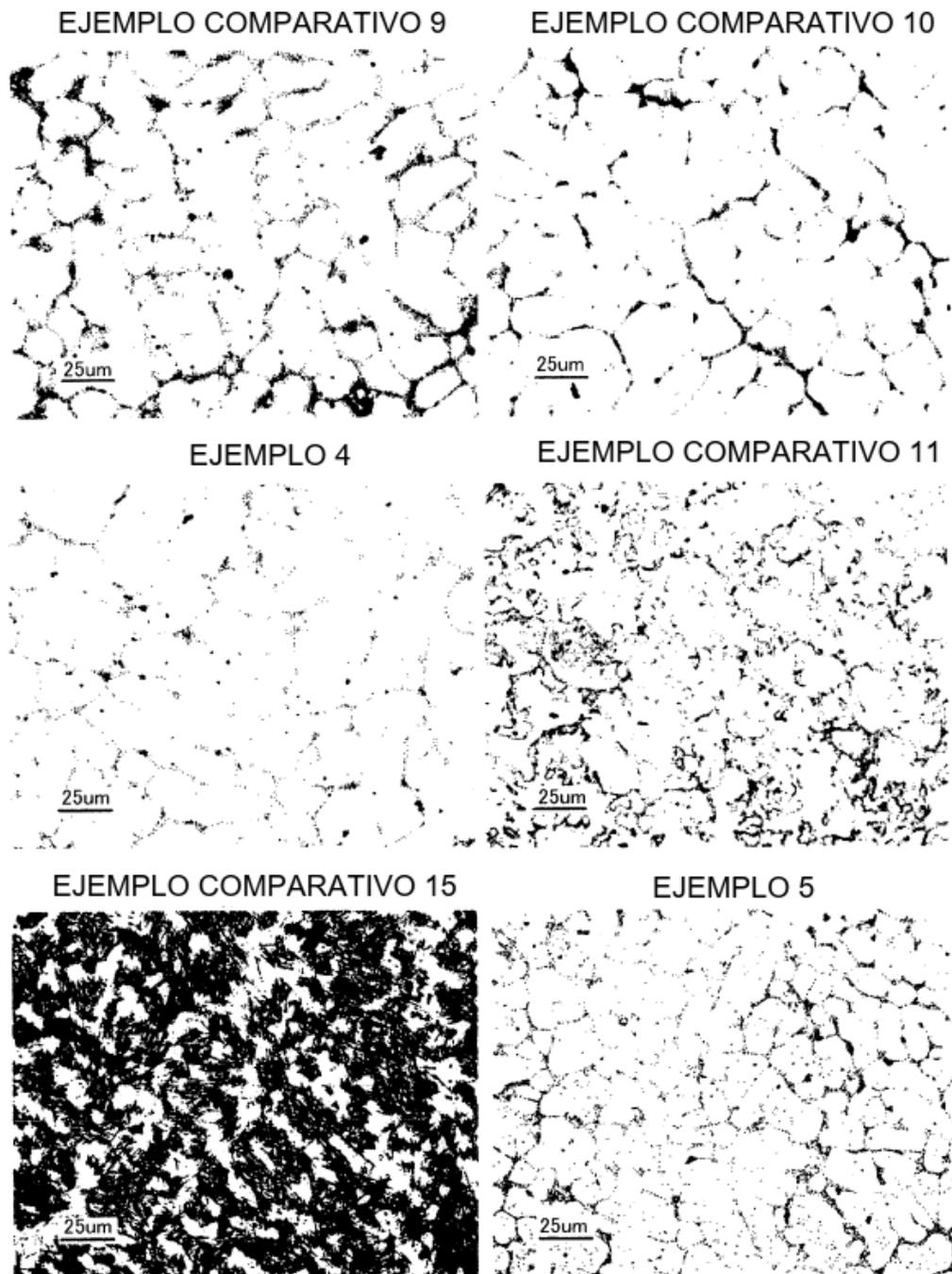
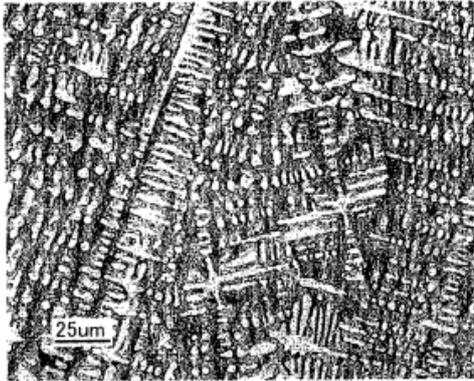


FIG.11

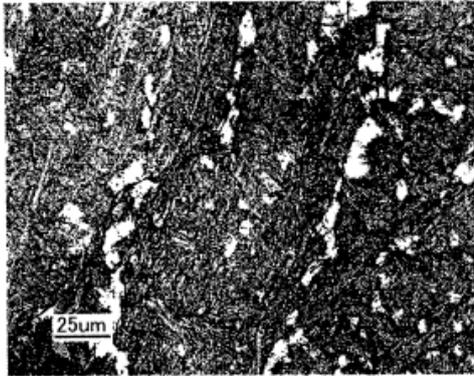
EJEMPLO COMPARATIVO 18



EJEMPLO COMPARATIVO 19



EJEMPLO COMPARATIVO 20



EJEMPLO COMPARATIVO 21

