

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 204**

51 Int. Cl.:

C22C 38/54 (2006.01)

C22C 38/28 (2006.01)

C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2009 E 09706158 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2246455**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico de alta pureza con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, y método para la producción del mismo**

30 Prioridad:

28.01.2008 JP 2008016785

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

05.02.2015

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMIKIN STAINLESS STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Otemachi 2-chome Chiyoda-kuTokyo
Tokyo 100-0004, JP**

72 Inventor/es:

**HATANO, MASAHARU y
TAKAHASHI, AKIHIKO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 528 204 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

Acero inoxidable ferrítico de alta pureza con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, y método para la producción del mismo

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, y a un método para la producción del mismo.

Técnica básica

10 El acero inoxidable ferrítico se está usando en amplios campos, tales como en equipos para cocinas, aparatos electrodomésticos, dispositivos electrónicos, etc. Sin embargo, si se compara con el acero inoxidable austenítico, es inferior en su facilidad para ser trabajado, de manera que, en algunos casos, está limitado a estas aplicaciones. En los últimos años, las mejoras en las técnicas de refinado en la producción de metales ferrosos han permitido la reducción del carbono y del nitrógeno a niveles extremadamente bajos, y la reducción del Si más la reducción del P, S, y otros elementos que constituyen impurezas. Por consiguiente, el acero inoxidable ferrítico mejorado en su facilidad para ser trabajado mediante la adición de Ti y otros elementos estabilizadores (en adelante, "acero inoxidable ferrítico de alta pureza"), se está usando en aplicaciones más amplias. Esto es debido a que el acero inoxidable ferrítico es más económico en comparación con el acero inoxidable austenítico, - el cual contiene una gran cantidad de Ni -, un elemento cuyo precio se ha puesto por las nubes en los últimos años.

20 El acero inoxidable ferrítico de alta pureza, como se comprenderá a partir del SUS430LX, normalizado por JIS, es con frecuencia inferior en la cantidad de Cr y tiene resultados en la resistencia a la corrosión comparables a los del típico acero inoxidable austenítico SUS304 (18Cr - 8Ni). Además, para fregaderos de acero inoxidable y otros equipos para cocinas y aparatos electrodomésticos donde se busca un buen aspecto, son problemas frecuentes las picaduras, la herrumbre, y otros deterioros en las propiedades superficiales, debidos a la corrosión.

25 Para resolver los anteriores problemas de resistencia a la corrosión, está el método de alear con Cr, Mo, etc., y el método de reformar una película de revestimiento formada sobre la superficie del acero mediante recocido un brillante. El primero provoca un aumento del coste al alear, y llega a ser un factor que inhibe la facilidad para ser trabajado, de manera que es un método que no se prefiere. El último es un método eficaz desde la perspectiva de suprimir un aumento en los costes del material y una caída en la facilidad de ser trabajado. Se han propuesto diversas invenciones respecto a la mejora de la película de revestimiento usando el recocido brillante.

30 Desde el último punto de vista del último, los inventores, en la Solicitud de Patente Japonesa N° 2006-172489, propusieron una chapa de acero inoxidable ferrítico sometido a recocido brillante, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, que tiene una relación de concentración Cr/Fe en la película de revestimiento por encima de 0,5 y que contiene TiO₂ en la película de revestimiento, y un método de producción del mismo, pero el acero con una película de revestimiento mejorado usando un recocido brillante tiene un problema en términos de garantizar la resistencia en una superficie expuesta por acción del trabajo, o por pulido posterior o desbaste. En la anterior solicitud de patente no se describió este problema. El documento JP 2005 220429 incluye la adición de cantidades aleantes de V y Mo para la estabilización.

40 Además, como un método para resolver este problema, se puede considerar la utilización de elementos traza para mejorar la resistencia a la corrosión. La Publicación de Patente Japonesa (A) N° 6-172935 y la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 7-34205 describen aceros inoxidables ferríticos a los que intencionadamente se les añade P para mejorar la resistencia a las condiciones ambientales, la resistencia a la corrosión, y la resistencia a la corrosión por fisuras. La Publicación de Patente Japonesa (A) N° 6-172935 describe un acero inoxidable ferrítico con alto contenido de Cr y P, que contiene desde más del 20% al 40% de Cr y desde más del 0,06% al 0,2% de P. La Publicación de Patente Japonesa (A) N° 7-34205 es acero inoxidable ferrítico con P, que contiene Cr del 11% a menos del 20% y desde más del 0,04% al 0,2%. Sin embargo, el P llega a ser un factor que inhibe la facilidad de fabricación, la facilidad para ser trabajado y la soldabilidad, de manera que no es adecuado para aplicaciones donde se demanda la facilidad para ser trabajado.

50 Además, la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2000-169943 describe aceros inoxidables ferríticos superiores en resistencia a altas temperaturas que contienen cantidades trazas de Sn y Sb, y un método de producción de los mismos. La mayoría de los aceros mostrados en los ejemplos de la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2000-169943 son aceros de bajo contenido en Cr, con un 10 al 12% en Cr. En aceros con alto contenido en Cr, con más del 12% de Cr, se añaden a la vez V, Mo, etc., para asegurar la resistencia a altas temperaturas. Como efectos del Sn y el Sb, se puede mencionar la mejora de la resistencia a altas temperaturas. Si no se describe que se puede asegurar una suficiente resistencia a la corrosión, la cuestión sigue planteada.

55 La Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2001-288543 y la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2001-288544 describen aceros inoxidables ferríticos con excelentes características superficiales y resistencia a la corrosión que usan Mg y Ca como elementos traza, y un método de producción de los mismos. El Sn es un elemento añadido selectivamente, y se describe como un elemento preferible para la resistencia a la corrosión. Los aceros mostrados

en los ejemplos de esta Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2001-288543 y de la Publicación de Patente Japonesa (A) N° 2001-288544 tienen añadidos a ellos, conjuntamente, Sn y el caro Co. Estos aceros son aceros con un 11,6% de Cr o aceros con un 16% de Cr que contienen grandes cantidades de C y otros elementos que constituyen impurezas. Se describe que los potenciales de la corrosión por picaduras son respectivamente 0,086 V y 0,12 V. Los potenciales de la corrosión por picaduras son más bajos en comparación con el potencial de corrosión por picaduras (más de 0,2 V) equivalente al acero SUS304 fijado como objetivo por la presente invención.

Además, el documento WO2007/129703 tiene por objeto la mejora del tiempo de partes de automóviles, etc. frente a la corrosión por picaduras, y describe aceros inoxidables ferríticos con excelente resistencia a la corrosión por fisuras que usan Sn y Sb como elementos traza. Los aceros mostrados en los ejemplos de este documento WO2007/129703 mejoran la resistencia a la corrosión por picaduras en las partes de las fisuras mediante la adición compuesta de Sn y Ni en casi todos los casos. El acero con un 16% de Cr al que se añade Sn solo, tenía una elevada cantidad de Si y no correspondía al acero inoxidable ferrítico de alta pureza cubierto por la presente invención.

Como se explicó anteriormente, la técnica convencional para la mejora de la resistencia a la corrosión utilizando elementos traza no cubría la adición de P solo o la adición compuesta de Sn y Sb con el elemento Co, caro y poco común, o de Ni, ni cubría el acero inoxidable ferrítico de alta pureza descrito en las líneas 29 – 40 de la página 2 y tenía problemas desde el punto de vista de la facilidad de fabricación, la facilidad para ser trabajado, y los costes del material.

Descripción de la invención

La presente invención cubre aceros inoxidables ferríticos de alta pureza, y tiene por objeto el abastecimiento de aceros inoxidables ferríticos de alta pureza que, sin provocar una caída en la facilidad de fabricación, o en la facilidad para ser trabajado, y sin depender de la adición de elementos poco comunes, reduzcan el deterioro de las propiedades superficiales debido a la corrosión por picaduras, la formación de herrumbre, u otra corrosión, hasta un grado no diferente al del acero SUS304 o mejor que el mismo. La presente invención se hizo para resolver los anteriores y tiene como esencial lo que sigue.

(1) Acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, que contiene en % en masa, C: 0,01% o menos, Si: 0,01 a 0,20%, Mn: 0,01 a 0,30, P: 0,04% o menos, S: 0,01 a 0,20%, Cr: 13 a 22%, N: 0,001 a 0,020%, Ti: 0,05 a 0,35%, Al: 0,005 a 0,050%, Sn: 0,001 a 1%, y el resto Fe y las impurezas inevitables.

Opcionalmente, dicho acero contiene además, en % en masa, uno o más de Ni: 0,5% o menos, Cu: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, Mg: 0,005% o menos, B: 0,005% o menos, y Ca: 0,005% o menos.

(2) Acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado como se expone en (1), caracterizado por tener, en una superficie pulida del acero, un potencial de corrosión por picaduras V_c 100 en una solución acuosa de NaCl al 3,5%, a 30°C, de más de 0,2 V (V. vs. AgCl).

(3) Acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado como se expone en uno cualquiera de (1) o (2), caracterizado por tener un límite elástico, en un ensayo de tracción, de menos de 300 MPa, y una elongación a rotura del 30% o más.

(4) Un método de producción de acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado como se expone en uno cualquiera de (1) a (2), caracterizado por forjar en caliente, o laminar en caliente, un lingote de acero inoxidable que tiene los ingredientes que se expone en (1), para obtener un material de acero laminado en caliente, recocer el material de acero laminado en caliente, luego trabajar en frío repetidamente y recocerlo para producir un material de acero, durante el cual se lleva a cabo el recocido final a 700°C o más, manteniendo luego el acero en un intervalo de temperatura de 200 a 700°C durante 1 minuto o más.

Hay que indicar que, en la siguiente explicación, las invenciones que se refieren a los aceros de los anteriores apartados (1) a (3) y la invención que se refiere al método de producción (4) nos referiremos a ellas respectivamente como "la presente invención". Además, la combinación de las invenciones de los apartados (1) a (4) se denominará también algunas veces "la presente invención".

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista que muestra la relación entre el potencial de corrosión por picaduras y la cantidad de adición de Sn del 13Cr – 0,17Ti.

La Figura 2 es una vista de ejemplos de curvas de polarización anódica en una solución diluida de ácido sulfúrico.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Los inventores trabajaron para resolver el problema anterior tomando parte en la investigación intensiva de los efectos de la adición de elementos traza, en particular Sn, sobre la resistencia a la corrosión del acero inoxidable ferrítico de alta pureza, y obtuvieron los siguientes nuevos hallazgos:

(a) En un acero inoxidable ferrítico de alta pureza, como se muestra mediante los resultados experimentales en la Figura 1, si se añade 0,001% o más de Sn solo, mejora el potencial de corrosión por picaduras. Descubrieron que

si se añade Sn a un acero con un 13% de Cr o más, se consigue un potencial de corrosión por picaduras que excede los 0,2 V, no diferente al del acero SUS304.

(b) En los últimos años, la resistencia a la corrosión del acero inoxidable se ha evaluado cada vez más de forma simple, no sólo por los fabricantes sino también por los usuarios individuales, mediante ensayos acelerados, tales como el ensayo de niebla salina. El acero que tiene un potencial de corrosión por picaduras superior a 0,2 V, descrito en el anterior apartado (a) puede reducir el deterioro de las propiedades superficiales, debido a la corrosión por picaduras, formación de herrumbre, u otra forma de corrosión, en estas evaluaciones simplificadas hasta un grado no diferente al del acero SUS304 o mejor que el mismo.

(c) Respecto a la anterior acción de mejorar la resistencia a la corrosión, se midieron las curvas de polarización anódica en una solución diluida de ácido sulfúrico y se estudiaron electroquímicamente. La Figura 2 muestra ejemplos de curvas de polarización anódica. El acero con Sn, comparado con el acero que no tiene Sn añadido a él, tiene valores absolutos más pequeños de potencial del límite de la transición desde el estado activo al estado pasivo (potencial de pasivación E_p , valor negativo) y de la corriente de máxima solubilidad (corriente crítica de pasivación: I_{max} , valor positivo) y se pasiva más fácilmente. Además, no se ven picos, etc. que muestren perturbaciones en la corriente de solubilidad en estado estacionario en estado pasivo (corriente que mantiene la pasivación: I_b), de manera que se puede interpretar que la pasivación es estable. Los resultados de estos estudios electroquímicos respaldan la aseveración de que la adición de Sn da como resultado la mejora de la película de pasivación y la mejora de la resistencia a la corrosión.

(d) El Sn es un elemento que refuerza la solución. Eleva la resistencia del material y disminuye la elongación. Sin embargo, al abarcar aceros inoxidables ferríticos de alta pureza, controlando la cantidad de Cr y la cantidad de adición de Sn, además de la anterior acción de mejorar la resistencia a la corrosión, es posible asegurar la blandura y la facilidad para el trabajo con alta ductilidad.

(e) Los inventores descubrieron que la adición compuesta de Sn y 0,5% o menos de Cu o Ni, potencia el efecto de la acción de elevar la resistencia a la corrosión y además, a veces, es eficaz para mejorar la facilidad para ser trabajado (elongación, valor r).

(f) Los inventores descubrieron que para mejorar la resistencia a la corrosión mediante la adición de Sn, después del recocido final del material de acero, un medio eficaz es mantenerlo en un intervalo de temperatura de 200 a 700°C. Aunque no están claros los detalles, a partir de un análisis XPS, se supone que la concentración de Sn en la película de pasivación y directamente debajo de la película, actúa para mejorar la resistencia a la corrosión.

(g) El Sn es un metal de bajo punto de fusión y era de esperar que indujera a hacerlo quebradizo al trabajarlo en caliente, debido a la masa fundida. Sin embargo, el Sn tiene una gran difusión en la región de temperatura durante el trabajo en caliente y también está la solubilidad en el acero, de modo que mientras éste no se añada excesivamente por encima del 1%, los inventores confirmaron que no se perjudicaba la facilidad de fabricación.

Hay que indicar que el potencial de corrosión por picaduras se mide en una solución acuosa de cloruro de sodio al 3,5%, a 30°C, en una situación en que la superficie del acero está pulida mediante papel de lija del N° 600. El electrodo estaba hecho de AgCl, y se midió el valor del potencial de corrosión por picaduras $V_c' 100$. Se midieron los valores de la resistencia y la elongación del material, en el caso de la chapa, obtenidos tomando muestras de piezas, según JIS 13B, para ensayos de tracción, a partir de la dirección de laminación, y sometiéndolas a ensayo a una velocidad de tracción de 20 mm/minuto. La presencia de Sn en la película de pasivación y directamente debajo de la película se puede analizar mediante espectroscopía fotoelectrónica de rayos-X (XPS). Se hizo que la superficie analizada fuese la superficie pulida de la muestra. La presencia de Sn se pudo confirmar mediante la detección de picos cerca de 484 a 487 eV.

La presente invención de los anteriores apartados (1) a (4) se completó basándose en los hallazgos de los anteriores apartados (a) a (g). A continuación, se explicarán con detalle los requisitos de la presente invención. Hay que indicar que la expresión "%" de los contenidos de los elementos quiere decir "% en masa".

A) En primer lugar, se explicarán los ingredientes de la presente invención y las razones para limitarlos.

El C degrada la facilidad para ser trabajado y la resistencia a la corrosión, de manera que cuanto más bajo su contenido, mejor, por lo tanto se hace que el límite superior sea el 0,010%. Sin embargo, una excesiva reducción conduciría a un aumento en el coste del refino, de manera que se hace que, preferiblemente, el límite inferior sea el 0,001%. Más preferiblemente, considerando la resistencia a la corrosión y el coste de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,002 al 0,005%.

El Si se añade a veces como elemento desoxidante. Sin embargo, es un elemento que refuerza la solución, de manera que para suprimir la caída de la elongación, cuanto más bajo sea su contenido, mejor. Por lo tanto, se hace que el límite superior sea el 0,20%. Sin embargo, una excesiva reducción conduciría a un aumento en el coste del refino, de manera que se hace que el límite inferior sea el 0,01%. Preferiblemente, considerando la facilidad para ser trabajado y el coste de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,03 al 0,15%.

El Mn, como el Si, es un elemento que refuerza la solución, de manera que cuanto más bajo sea su contenido, mejor. Para suprimir la caída de la elongación, se hace que el límite superior sea el 0,30%. Sin embargo, una excesiva reducción conduciría a un aumento en el coste del refino, de manera que se hace que el límite inferior sea el 0,01%. Preferiblemente, considerando la facilidad para ser trabajado y el coste de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,03 al 0,15%.

El P, como el Si y el Mn, es un elemento que refuerza la solución, de manera que cuanto más bajo sea su contenido, mejor. Para suprimir la caída de la elongación, se hace que el límite superior sea el 0,040%. Sin embargo, una excesiva reducción conduciría a un aumento en el coste del refino, de manera que preferiblemente se hace que el límite inferior sea el 0,005%. Más preferiblemente, considerando el coste de fabricación y la facilidad para ser trabajado, se hace que el contenido sea del 0,010 al 0,020%.

El S es un elemento que es una impureza. Dificulta la facilidad para ser trabajado en caliente y la resistencia a la corrosión, de manera que el contenido será tan bajo como sea posible. Por esta razón, se hace que el límite superior sea el 0,010%. Sin embargo, una excesiva reducción conduciría a un aumento en el coste del refino, de manera que preferiblemente se hace que el límite inferior sea el 0,0001%. Más preferiblemente, considerando la resistencia a la corrosión y el coste de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,0010 al 0,0050%.

El Cr es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la corrosión. Para asegurar el potencial de corrosión por picaduras de la presente invención se hace que el límite inferior sea el 13%. Sin embargo, una adición superior al 22% conducirá a elevar los costes del material y una caída en la facilidad para ser trabajado y en la facilidad de fabricación. Por lo tanto, se hace que el límite superior del Cr sea el 22%. Preferiblemente, considerando la resistencia a la corrosión, la facilidad para ser trabajado y la facilidad de fabricación, se hace que el contenido sea del 15 al 18%.

El N, como el C, degrada la facilidad para ser trabajado y la resistencia a la corrosión, de manera que su contenido será tan bajo como sea posible. Por lo tanto, se hace que el límite superior sea el 0,20%. Sin embargo, una excesiva reducción significará un fallo en la precipitación del TiN que sirve como núcleos para la formación de granos de ferrita en el momento de la solidificación y, por lo tanto, la formación de la estructura solidificada en un estado de cristales en forma de columnas, y el posible deterioro de la resistencia del producto a la formación de crestas. Por esta razón, se hace que el límite inferior sea el 0,001%. Preferiblemente, considerando la facilidad para ser trabajado y la resistencia a la corrosión, se hace que el contenido sea del 0,003 al 0,012%.

El Ti es un elemento extremadamente eficaz para inmovilizar el C y el N para obtener blandura y mejorar la elongación y el valor r, de manera que se hace que el límite inferior sea el 0,05%. Sin embargo, el Ti también es un elemento que refuerza la solución. Una excesiva adición conducirá a una caída de la elongación. Por lo tanto, se hace que el límite superior sea el 0,35%. Preferiblemente, considerando la facilidad para ser trabajado y la resistencia a la corrosión, se hace que el contenido sea del 0,10 al 0,20%.

El Al es un elemento eficaz como elemento desoxidante, de manera que se hace que el límite inferior sea el 0,005%. Sin embargo, una adición excesiva originará el deterioro de la facilidad para ser trabajado, de la tenacidad y de la soldabilidad, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,05%. Preferiblemente, considerando los costes del refino, se hace que el contenido sea del 0,01% al 0,03%.

El Sn es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la corrosión fijada como objetivo por la presente invención sin depender de la aleación de Cr y Mo y la adición de los elementos poco comunes, Ni, Co, etc. para obtener el potencial de corrosión por picaduras fijado como objetivo por la presente invención, se hace que el límite inferior sea el 0,001%. Preferiblemente, se comprenderá a partir de los resultados de la Figura 1, se hace que el contenido sea del 0,01% o más. Sin embargo, una adición excesiva conducirá a una caída en la facilidad para ser trabajado y en la facilidad de fabricación apuntada en las líneas 21 a 24 y 32 a 35 de la página 4. El efecto de la mejora de la resistencia a la corrosión también se saturará. Por esta razón, se hace que el límite superior sea el 1%. Preferiblemente, se hace que el límite superior sea el 0,8% considerando la facilidad para ser trabajado y la facilidad de fabricación. Más preferiblemente, a partir del equilibrio entre la resistencia a la corrosión, la facilidad para ser trabajado y la facilidad de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,05 al 0,5%.

El Ni y el Cu son elementos que mejoran la resistencia a la corrosión por efecto sinérgico con el Sn, y se añaden según sea necesario. Además, estos elementos tienen acciones que mejoran la facilidad para ser trabajado (elongación, valor r) junto con la adición de Sn. Cuando se añade, se hace que el contenido sea el 0,05% o más, donde se manifiesta el efecto. Sin embargo, si está por encima del 0,5%, esto provocará una elevación del coste del material y una caída de la facilidad para ser trabajado, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,5%. Más preferiblemente, se hace que sea del 0,1 al 0,3%.

El Nb, como el Ti, es un elemento eficaz para mejorar la elongación y el valor r, y mejorar la resistencia a la corrosión, y se añade según sea necesario. Cuando se añade, se hace que el contenido sea el 0,05% o más, donde se manifiesta el efecto. Sin embargo, una excesiva adición originará una elevación del coste del material y una caída de la elongación, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,5%. Preferiblemente, considerando la facilidad para ser trabajado y la resistencia a la corrosión, se hace que el contenido sea del 0,2 al 0,4%.

El Mg forma óxido de Mg, junto con el Al, en el acero fundido para actuar como un agente desoxidante y también actúa como un agente formador de núcleos para la precipitación del TiN. El TiN forma núcleos de solidificación para la fase ferrita en el proceso de solidificación. Promoviendo la precipitación del TiN, es posible hacer que la fase ferrita se forme finamente en el momento de la solidificación. Haciendo la estructura solidificada más fina, es posible evitar defectos superficiales por la formación de crestas, cordones y otras estructuras solidificadas bastas en el

producto originado. Además, éste se añade según sea necesario para mejorar la facilidad para ser trabajado. Cuando se añade, se hace que el contenido sea el 0,0001%, donde se manifiesta el efecto. Sin embargo, si supera el 0,005%, se deteriora la facilidad de fabricación, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,005%. Preferiblemente, considerando la facilidad de fabricación, se hace que el contenido sea del 0,0003 al 0,002%.

- 5 El B es un elemento que mejora la facilidad para ser trabajado en caliente y la capacidad para ser sometido a un trabajo secundario. Su adición a un acero con Ti es eficaz. En el acero con Ti, se inmoviliza el C por medio del Ti, de manera que la resistencia de los límites de grano cae y, en el momento del trabajo secundario, se forman más fácilmente agrietas en los límites de grano. Cuando se añade, se hace que el contenido sea el 0,0003% o más, donde se manifiesta el efecto. Sin embargo, una excesiva adición originará una caída de la elongación, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,005%. Preferiblemente, considerando el coste del material y la facilidad para ser trabajado, se hace que el contenido sea del 0,0005 al 0,002%.

- 10 El Ca es un elemento que mejora la facilidad para ser trabajado en caliente y la limpieza del acero, y se añade según sea necesario. Cuando se añade, se hace que el contenido sea el 0,0003% o más, donde se manifiesta el efecto. Sin embargo, una excesiva adición conducirá a una caída de la facilidad de fabricación y una caída de la resistencia a la corrosión debida al CaS y a otras inclusiones solubles en agua, de manera que se hace que el límite superior sea el 0,005%. Preferiblemente, considerando la facilidad de fabricación y la resistencia a la corrosión, se hace que el contenido sea del 0,0003 al 0,0015%.

- 15 Al acero inoxidable ferrítico de alta pureza, que tiene la composición de la presente invención, se le puede dar un potencial de corrosión por picaduras, un indicador de la resistencia a la corrosión, de más de 0,2 V, un límite elástico del 0,2% inferior a 300 MPa, y una elongación a rotura de al menos el 30%, y se le puede dar una resistencia a la corrosión que no difiera de la del SUS304, o mejor que la del mismo, sin provocar una caída en la facilidad para ser trabajado. Las condiciones de medida para el potencial de corrosión por picaduras, para el límite elástico del 2%, y para la elongación a rotura están descritas en las líneas 36 a 44 de la página 4.

- 20 (B) A continuación, se explicará el método de producción de la presente invención y las razones para la limitación del mismo.

En la presente invención, si se satisface la composición descrita en la anterior sección (A), incluso si se ha producido bajo las condiciones de procedimiento usuales, la resistencia a la corrosión y la facilidad para ser trabajado pueden estar suficientemente aseguradas pero, además del procedimiento anterior, es preferible hacer un recocido final del acero a 700°C o más, y mantenerlo luego en una región de temperaturas de 200 a 700°C durante 1 minuto o más.

- 25 El recocido final se hace a 700°C, o más, para originar que el acero después del trabajo en frío recristalice, y asegurar por ello la facilidad para ser trabajado. Una excesiva elevación de la temperatura de recocido originará el tamaño de grano cristalino se haga más grueso y conducirá a hacer rugosa la superficie debido al trabajo, y a una caída de la calidad de la superficie. Preferiblemente, se hace que el límite superior de la temperatura de recocido sea de 950°C.

- 30 Después del recocido final, para mantener el acero en la región de temperatura de 200 a 700 °C durante 1 minuto o más, se debe ajustar la velocidad de enfriamiento o se puede recalentar el acero entre 200 y 700°C y mantenerlo luego durante 1 minuto o más. Si está por encima de los 700°C, se formarán precipitados que incluyen Ti o P y dará lugar a una caída de la resistencia a la corrosión, de manera que se hace que el límite superior sea de 700°C. Si es inferior a 200°C, no se puede esperar el efecto de mejorar más la resistencia a la corrosión descrito en las líneas 28 a 31 de la página 4. Por lo tanto, se hace que el límite inferior sea de 200°C. Más preferiblemente, se hace que la temperatura esté en el intervalo de 300 a 600°C.

El tiempo de retención entre 200 y 700°C es, preferiblemente, de 1 minuto o más para obtener los anteriores efectos. No se establece en concreto ningún límite superior, pero cuando se usa una instalación industrial de recocido continuo, es preferible no más de 5 minutos. Más preferiblemente, el tiempo es de no más de 3 minutos.

45 Ejemplos

A continuación, se explicarán los ejemplos para el caso en donde la presente invención es una chapa de acero.

- 50 El acero inoxidable ferrítico que tiene cada una de las composiciones de la Tabla 1 se obtuvo a partir de una fusión, y se laminó en caliente a una temperatura de calentamiento de 1150 a 1200°C para obtener una chapa de acero laminada en caliente de 3,8 mm de espesor. La chapa de acero laminada en caliente se recoció, se sometió a decapado, y luego se laminó en frío hasta un espesor de 0,8 mm, luego se usó un recocido final para la evaluación de la resistencia a la corrosión y de las propiedades mecánicas. Las composiciones del acero estaban en el intervalo prescrito por la presente invención y otros intervalos. Se realizó el enfriamiento después del recocido final bajo condiciones limitadas por la presente invención y otras condiciones. Para el acero comparativo, se usó el SUS304 (18%Cr – 8%Ni).

- 55 La resistencia a la corrosión se evaluó mediante la medida del potencial de corrosión por picaduras y mediante el ensayo de niebla salina y el ensayo CASS. El potencial de corrosión por picaduras se midió mediante el método

5 descrito en las líneas 36 a 44 de la página 4. El ensayo de niebla salina y el ensayo CASS se realizaron mediante los métodos basados en el documento JISZ2371. Para estos ensayos, en cada caso, se usó la chapa de acero recocida final (material) y el producto trabajado obtenido por embutición cilíndrica profunda del material. La superficie del material se pulió mediante papel de lija del N° 600 de la misma manera que en la medida del potencial de corrosión por picaduras, y en ese estado se hizo la superficie del ensayo. La embutición cilíndrica profunda se realizó usando una pieza en bruto de $\phi 80$ mm de diámetro, y un troquel de $\phi 40$ mm de diámetro, un diámetro de matriz de $\phi 42$ mm, y una presión de 1 tonelada para la supresión de arrugas. Para la lubricación se usó una película. Se hizo que el número de días de ensayos fuera de 15 (360 horas). Se comparó la extensión de la herrumbre con la del acero SUS304. Cuando era bueno, se indicó como "MB (muy buena)", cuando no era diferente, como B (buena)", y cuando era inferior como "P (pobre)". Además, las propiedades mecánicas se midieron mediante los métodos descritos en las líneas 36 a 44 de la página 4.

15 La Tabla 2 resume los resultados de los ensayos. En la Tabla 2, los ensayos números 1 a 9 son aceros inoxidables ferríticos de alta pureza que satisfacen los requisitos de composición de la presente invención, tenían potenciales de corrosión por picaduras V_c 100 de más de 0,2 V (V.vs. AgCl), tenían un límite elástico del 2% de menos de 300 MPa, y tenían elongaciones a rotura del 30% o más, como propiedades mecánicas. Estas chapas de acero están provistas de resistencias a la corrosión de magnitudes no diferentes, o mejores, que el SUS304 del ensayo N° 12 en el ensayo de niebla salina o en el ensayo CASS.

20 Por el contrario, los ensayos números 10 y 11 corresponden a la norma JIS SUS430LX, y son chapas de acero sin Sn añadido como se describe en la presente invención. El ensayo N° 10 tiene propiedades mecánicas de un límite elástico del 0,2% de menos de 300 MPa, y una elongación a rotura del 30% o más, pero es inferior en resistencia a la corrosión si se compara con el SUS304. Por otro lado, el ensayo N° 11 tiene una resistencia a la corrosión no diferente a la del SUS304, pero no satisface las propiedades mecánicas prescritas en la presente invención. Debido a esto, se reconoció que los ensayos números 1 a 9 de los ejemplos de la invención estaban notablemente mejorados en cuanto la resistencia a la corrosión sin perjudicar a las excelentes propiedades mecánicas (blandura y alta elongación) del acero de la norma JIS.

25 Los ensayos números 2 y 6 de los ejemplos de la invención usaron el método de producción prescrito en la presente invención. Comparado con los ensayos números 1 y 5 que usan esto, se podrá confirmar una mejora en la resistencia a la corrosión. En el ensayo N° 4 se mejora en la elongación mediante la adición de una cantidad traza de Cu.

Tabla 1. Composiciones de los aceros sometidos a ensayo (% en masa)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	N	Ti	Al	Sn	Ni	Cu	Nb	Mg	B	Ca
A	0,003	0,12	0,10	0,015	0,0020	13,8	0,010	0,18	0,023	0,008	-	-	-	-	-	-
B	0,004	0,12	0,09	0,015	0,0016	16,2	0,009	0,17	0,012	0,480	-	-	-	-	-	-
C	0,004	0,12	0,10	0,014	0,0010	16,2	0,010	0,18	0,013	0,210	-	0,29	-	-	-	-
D	0,003	0,04	0,08	0,016	0,0015	16,6	0,008	0,20	0,040	0,180	-	-	-	0,0003	0,0009	-
E	0,004	0,10	0,13	0,031	0,0020	21,0	0,007	0,27	0,046	0,055	0,28	0,43	-	0,0003	0,0006	0,0004
F	0,007	0,15	0,20	0,035	0,0011	19,4	0,010	0,08	0,020	0,075	0,29	0,40	0,38	-	-	-
G	0,009	0,11	0,07	0,012	0,0012	13,2	0,016	0,33	0,040	0,800	-	-	-	0,0003	0,0020	0,0005
H	0,003	0,04	0,10	0,010	0,0026	16,3	0,007	0,18	0,016	-	-	-	-	0,0005	0,0008	-
I	0,013	0,55	0,15	0,030	0,0020	19,2	0,013	0,10	0,025	-	0,35	0,45	0,37	-	-	-

(Nota 1) "-" significa, no añadido.

(Nota 2) "H" e "I" están fuera de los ingredientes de la presente invención.

Tabla 2. Resultados de la evaluación de la resistencia a la corrosión y de las propiedades mecánicas

	Nº	Acero	Tiempo de retención de 200 a 700°C (minutos)	Potencial de corrosión por picaduras Vc' 100 (V.vs. AgCl)	Ensayo de niebla salina		Ensayo CASS		Propiedades mecánicas	
					Material	Producto trabajado	Material	Producto trabajado	0,2% PS	EI
Ejemplo de la invención	1	A	0,3	0,24	B	B	B	MB	210	35
	2		4	0,27	B	B	B	MB	220	34
	3		0,3	0,35	MB	B	B	MB	235	32
	4		0,4	0,36	MB	B	B	MB	270	36
	5	D	0,3	0,35	MB	B	B	MB	230	34
	6		5	0,38	MB	MB	MB	MB	235	33
	7		0,5	0,40	MB	MB	MB	MB	290	32
	8	F	0,3	0,38	MB	MB	MB	MB	290	31
	9	G	0,3	0,30	B	B	B	MB	270	32
Ejemplo comparativo	10	SUS304	-	0,19*	P	P	P	B	250	33
	11			0,25	B	B	B	MB	330*	30*
	12			0,28	Criterios de comparación		Criterios de comparación		270	51

%
N/mm²

(Nota 1) Evaluaciones de los ensayos de niebla salina y CASS: "MB (muy buena)": excelente, "B (buena)": no diferente, y "P (pobre)": inferior en comparación con SUS304.

(Nota 2) Resultados de los ensayos de niebla salina y CASS del acero SUS304: puntos de herrumbre formados, ensayo CASS del producto trabajado → se han producido grietas de corrosión bajo tensión (GCT).

(Nota 3) Los asteriscos indican fuera de la presente invención.

Aplicabilidad industrial

5 Según la presente invención, el notable efecto que se muestra es que es posible obtener acero inoxidable ferrítico de alta pureza con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado provisto de, un potencial de corrosión por picaduras $V_c' 100$ en una solución acuosa de NaCl al 3,5%, a 30 °C, de más de 0,2 V (V.vs.AgCl) y una resistencia a la corrosión de un grado no diferente al del acero SUS304 o mejor que el mismo, sin provocar un aumento del coste del material o una caída en su facilidad de fabricación, y que tiene propiedades mecánicas de un límite elástico del 0,2%, en un ensayo de tracción, de menos de 300 MPa y una elongación a rotura del 30% o más.

REIVINDICACIONES

1. Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, que contiene, en % en masa, C: 0,01% o menos, Si: 0,01 a 0,20%, Mn: 0,01 a 0,30%, P: 0,04% o menos, S: 0,01% o menos, Cr: 13 a 22%, N: 0,001 a 0,020%, Ti: 0,05 a 0,35%, Al: 0,005 a 0,050%, Sn: 0,001 a 1%, que
5 opcionalmente contiene además, en % en masa, uno o más de Ni: 0,5% o menos, Cu: 0,5% o menos, Nb: 0,5% o menos, Mg: 0,005% o menos, B: 0,005% o menos, y Ca: 0,005% o menos, y el resto Fe y las inevitables impurezas.
2. Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, como se expone en la reivindicación 1, caracterizado por tener, en una superficie pulida de acero, un
10 potencial de corrosión por picaduras $V_c' 100$ en una solución acuosa de NaCl al 3,5%, a 30 °C, de más de 0,2 V (V.vs.AgCl).
3. Un acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la corrosión y facilidad para ser trabajado, como se expone en una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por tener un límite elástico del 0,2%, en un ensayo de tracción, de menos de 300 MPa y una elongación a rotura del 30% o más.
4. Un método de producción de acero inoxidable ferrítico de alta pureza, con excelente resistencia a la
15 corrosión y facilidad para ser trabajado, como se expone en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por forjar en caliente o laminar en caliente un lingote de acero inoxidable que tiene los ingredientes del acero que se exponen en la reivindicación 1, para obtener un material de acero laminado en caliente, recocer el material de acero laminado en caliente, trabajar luego en frío repetidamente y recocerlo para producir un material de
20 acero, realizando durante el mismo el recocido final a 700°C o más, manteniendo luego el acero en un intervalo de temperatura de 200 a 700°C durante 1 minuto o más.

Fig.1

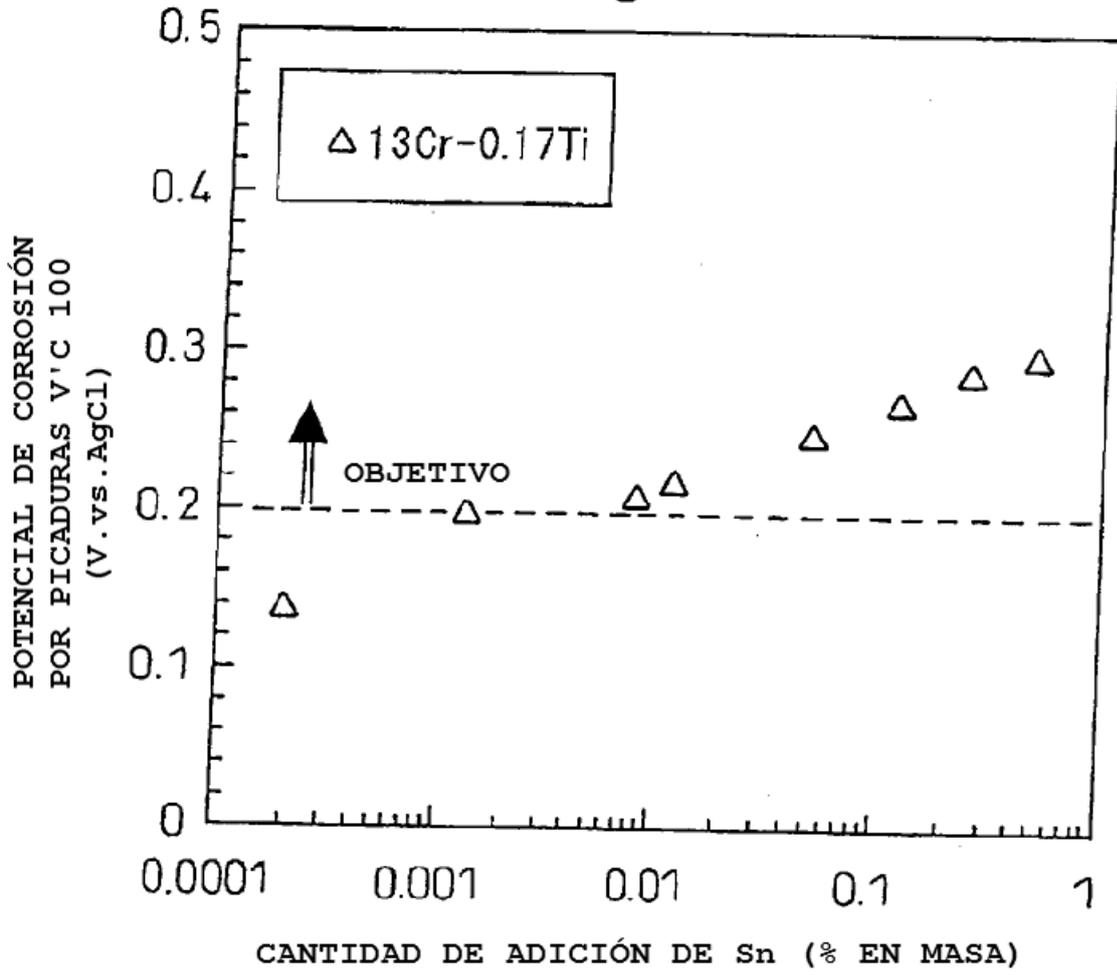


Fig.2

