

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 831**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/60</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/52</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2008 PCT/JP2008/067905**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2009 WO09044796**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2008 E 08836524 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2199419**

54 Título: **Aceros inoxidables austeníticos**

30 Prioridad:

**03.10.2007 JP 2007259387**  
**03.10.2007 JP 2007259654**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.05.2018**

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)**  
**6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**HIRATA, HIROYUKI;**  
**OGAWA, KAZUHIRO;**  
**OSUKI, TAKAHIRO;**  
**OKADA, HIROKAZU y**  
**SEMBA, HIROYUKI**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 668 831 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

Aceros inoxidables austeníticos

## 5 SECTOR TÉCNICO

La presente invención, se refiere a un acero inoxidable austenítico. De una forma más particular, la presente invención, se refiere a un acero inoxidable austenítico, de alta resistencia, resistente al calor, el cual está previsto para su utilización la construcción de máquinas y de equipos sujetos a altas temperaturas, tales como los consistentes en las calderas de plantas de producción de energía, y el cual es excelente, en cuanto a lo referente a la resistencia al agrietamiento, en la zona afectada por el calentamiento de soldadura, debido a la fragilización (debilitamiento) del límite de grano, durante su uso a altas temperaturas.

## 15 ARTE ANTERIOR

En los años recientes, las condiciones operativas para las calderas de plantas de producción de energía, y por el estilo, se han convertido en una problemática de temperaturas más altas y de mayor presión, a una escala mundial, considerando el deterioro medioambiental. Así, por lo tanto, se requiere que, estos aceros inoxidables austeníticos, resistentes al calor, los cuales están previstos para su utilización como materiales para tubos de sobrecalentamiento, y tubos de recalentamiento, tengan un resistencia incrementada a las altas temperaturas.

En dichos antecedentes tecnológicos, se han dado a conocer varios aceros inoxidables austeníticos.

Por ejemplo, el Documento de Patente 1, da a conocer un acero inoxidable austenítico, el cual contiene Cu, Nb y N, y que es excelente en cuanto a lo referente a la resistencia a las altas temperaturas y la ductilidad, y en el cual, el factor de relación de Nb (%) / Cu (%) es de 0,05 a 0,2, y el contenido de Nb no disuelto, después de un tratamiento de calor de la solución, se encuentra comprendido dentro de un rango que va de  $0,04 \times \text{Cu} (\%)$  a  $0,085 \times \text{Cu} (\%)$ .

Adicionalmente, el Documento de patente 2, da a conocer un acero inoxidable austenítico, el cual se encuentra mejorado, en cuanto a lo referente a su procesabilidad en caliente, mediante el empleo de unos contenidos de Ca, Mg, O y S, los cuales satisfagan la relación  $3,0 \leq \{(\text{Ca} + \text{Mg}) - 0,1 \times \text{O}\} / \text{S} \leq 15,0$ .

El Documento de Patente 3, da a conocer un acero inoxidable austenítico, el cual es excelente, en cuanto a lo referente a la resistencia a las altas temperaturas, y su procesabilidad en caliente, el cual contiene de un 2 a un 6 % de Cu, y uno o más elementos seleccionados de entre Y, La, Ce y Nd, para un nivel de contenido total del 0,01 al 0,2 %, y que tiene un valor numérico de una fórmula expresada en términos de Mg, Ca, Y, La, C y Nd y los contenidos de Al, Cu y S, los cuales se encuentran dentro de un rango específico.

Adicionalmente, el Documento de Patente 4, da a conocer un acero inoxidable austenítico, el cual es excelente, en cuanto a lo referente a las características de la fluencia y de la procesabilidad en caliente, y que satisface las tres relaciones, a saber, las relación entre P y Cu, la relación entre Al sol. y N, y la relación entre O y Cu, respectivamente.

Aún de una forma adicional, el Documento de Patente 5, da a conocer un acero inoxidable austenítico, el cual tiene las características las cuales se exponen en el preámbulo de la reivindicación 1.

Mientras que, estos aceros resistentes al calor, consistentes en aceros inoxidables austeníticos, se utilizan, generalmente, a altas temperaturas, después de la elaboración de una soldadura, estos tropiezan no obstante con el problema de la incidencia de un agrietamiento, en la zona afectada (a la cual, en lo sucesivo, se le hará referencia con "HAZ" – [de sus siglas, en idioma inglés, correspondientes a Weld heat affected zone] -), después de un largo período de uso a altas temperaturas.

Por ejemplo, en los Documentos no de Patente, 1 y 2, se puntualiza el hecho de que, la porción soldada de los aceros resistentes al calor, consistentes en los aceros inoxidables austeníticos 18Cr-8 Ni, experimentan un agrietamiento intergranular, en la zona HAZ, después de un largo período de calentamiento.

El Documento no de Patente 3, describe investigaciones llevadas a cabo en la búsqueda de medios para prevenir el agrietamiento intergranular en la zona HAZ, en la porción soldada de los aceros resistentes al calor consistentes en los aceros inoxidables austeníticos 18Cr-8Ni-Nb, si éstos se calientan durante un prologando período de tiempo.

60 Documento de Patente 1: JP 2000-256803 A  
Documento de Patente 2: JP 2001-49400 A  
Documento de Patente 3: JP 2000-328198 A  
Documento de Patente 4: JP 2004-323937 A  
65 Documento de Patente 5: DE 102 28 210 A1

Documento de no Patente 1: R. N. Younger et al.: Journal of the Iron and Steel Institute, October (1960), p. 188  
 Documento de no Patente 2: R. N. Younger et al.: British Welding Journal, December (1961), p. 579  
 Documento de no Patente 3: Naiki et al.: Ishikawajima Harima Engineering Review, Vol. 15 (1975), No. 2, p. 209

5 REVELACIÓN DE LA INVENCION

PROBLEMAS A SOLUCIONAR MEDIANTE LA INVENCION

10 En los Documentos de Patente 1 a 5, arriba mencionados, no se hace ninguna consideración en cuanto al hecho de si, el agrietamiento el cual acontece en la zona HAZ, resultante de un prolongado periodo de uso, a altas temperaturas, después de la elaboración de la soldadura.

15 Los documentos de no Patente 1 y 2, sugieren el hecho de que, tales tipos de carburos, tales como los  $M_{23}C_6$  y NbC, pueden ser factores los cuales influyan en el agrietamiento intergranular, en la zona HAZ; pero, sin embargo, no se han explicado los mecanismos de acción de éste.

20 El Documento de no Patente 3, propone medidas, las cuales se basan en un descubrimiento procedente del punto de vista del proceso de soldadura, consistente en que, las reducciones de la tensión residual de soldadura, mediante la aplicación de un tratamiento de calor post-soldadura, son efectivas en la prevención del agrietamiento. En concordancia con tales documentos, las diferencias en la tensión entre los granos fortalecidos mediante Nb(C, N) y los límites granulares, son factores los cuales son la causa del agrietamiento intergranular en la zona HAZ; pero, si embargo, no se hace mención alguna a los factores los cuales causan el límite de grano (intergranular).

25 Así, por lo tanto, los arriba mencionados Documentos de no Patente 1 a 3, no sugieren nada, en cuanto a lo referente a las medidas, desde el punto de vista del material, para prevenir el agrietamiento en la zona HAZ, con motivo de la utilización de aceros resistentes al calor del tipo consistente en los aceros austeníticos, tales como aquéllos los cuales se han propuesto recientemente, en los citados Documentos de Patente 1 a 4, por ejemplo, durante un prolongado periodo de tiempo.

30 Así, de este modo, mientras que el fenómeno del agrietamiento en la zona HAZ, durante un prolongado periodo de tiempo de uso, es ya conocido, desde hace tiempo, para los aceros resistentes al calor del tipo consistente en los aceros inoxidables austeníticos, los mecanismos de éstos, no se han aclarado todavía y, el arte, no ha establecido todavía medidas, de una forma particular, desde el punto de vista del material, contra tal tipo de agrietamiento.

35 De una forma adicional, se han propuesto, recientemente, un gran número de aceros resistentes al calor del tipo consistente en los aceros inoxidables austeníticos, los cuales contienen varios elementos consistentes en aleaciones, que se encuentran añadidos a éstos, para lograr los incrementos de resistencia y así, por lo tanto, éstos muestran una susceptibilidad incrementada hacia tal tipo de agrietamiento, en la porción soldada, durante un prolongado periodo de uso a altas temperaturas, tal y como se ha mencionado anteriormente, arriba.

40 En vistas a la situación de las cuestiones anteriormente mencionadas, arriba, es un objetivo de la presente invención, el proporcionar un acero del tipo consistente en un acero inoxidable austenítico, de alta resistencia, el cual muestre unas características excelentes en cuanto a la resistencia al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ, y el cual sea apropiado para su uso como un material para la construcción de máquina y de equipos, tales como los consistentes en las calderas de plantas de producción de energía, y que tienen que usarse a altas temperaturas, durante un prolongado transcurso de tiempo.

MEDIOS PARA SOLUCIONAR LOS PROBLEMAS

50 Los presentes inventores, han llevado a cabo investigaciones detalladas sobre los agrietamientos que acontecen en las porciones soldadas, usadas a altas temperaturas, durante un prolongado periodo de tiempo, en los aceros inoxidables austeníticos, los cuales se utilizan como materiales para la construcción de máquinas y de equipos, los cuales deben utilizarse a altas temperaturas, durante prolongados periodos de tiempo, con objeto de prevenir un agrietamiento en la zona HAZ, y proporcionar aceros, los cuales tengan una excelente resistencia al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano.

Como resultado de ello, se obtuvieron, en primer lugar, los siguientes descubrimientos (a) a (c).

60 (a) Acontecía un agrietamiento en los límites de grano, de la así llamada "zona HAZ de grano grueso", expuesta a altas temperaturas, durante el proceso de soldadura.

(b) La superficie fracturada de cada agrietamiento, era pobre, en cuanto a lo referente a la ductilidad, y así mismo, los elementos de debilitamiento del límite de grano, tales como, los consistentes en P, S y Sn, se encontraban concentrados en la superficie fracturada.

65

(c) La microestructura, en las cercanías de un agrietamiento, mostraba una gran cantidad de carburos y nitruros, finos, los cuales habían precipitado, de una forma intragranular.

Los presentes inventores, llegaron a las siguientes conclusiones (d) a (f), a partir de los anteriores descubrimientos (a) a (c).

(d) El agrietamiento que acontecía en la zona HAZ, es el resultado de la apertura de los límites de grano, los cuales se habían debilitado, debido a la segregación de tales tipos de elementos, como los P, S y Sn, en los límites de grano, durante los ciclos térmicos del proceso de soldadura, o el subsiguiente uso de a altas temperaturas, debido a su tensión externa experimentada.

(e) Debido a los abundantes precipitados intragranulares, tales como los consistentes en los carburos y nitruros, finos, se impedía la deformación intragranular y, así, por lo tanto, la concentración de la tensión, acontecía en el límite de grano. El agrietamiento, el cual tendía entonces a acontecer fácilmente, debido al efecto sobrepuesto en el debilitamiento de los límites de grano.

(f) Como una forma de agrietamiento, de una forma similar al agrietamiento que acontecía en la porción soldada, después de un prolongado período de uso, a altas temperaturas, pueden mencionarse agrietamientos tales como los consistentes en el agrietamiento por alivio de la tensión (agrietamiento por SR – [SR, de sus siglas en idioma inglés, correspondientes a Stress Relief -), en los aceros con un reducido contenido de aleaciones, tal y como se menciona por parte de Ito et al. en el Journal of the JWS, Vol. 41 (1972), No. 1, p. 59. Sin embargo, este agrietamiento por alivio de la tensión (agrietamiento por SR), en este tipo de aceros con un reducido contenido de aleaciones, se trata de un agrietamiento el cual acontece en la etapa de un corto tratamiento por calor, del alivio de la tensión (SR) durante un reducido período de tiempo, después del proceso de moldeo, el cual es bastante diferente, en cuanto a lo referente a la duración, con respecto al agrietamiento el cual acontece en la porción soldada, después de un prolongado periodo de tiempo de uso, a altas temperaturas, lo cual es el objeto de la presente invención. De una forma adicional, el metal de base (y la zona HAZ), tiene una microestructura férrica y, y los mecanismos de la aparición del agrietamiento por SR, en su interior, son bastante diferentes que aquéllos que acontecen en la microestructura austenítica, lo cual es así mismo, un objeto de la presente invención. Así, por lo tanto, como norma de costumbre, las medidas para la prevención del agrietamiento por SR (por alivio de la tensión), en los aceros con un reducido contenido de aleaciones, como tales, no pueden aportarse a la porción soldada, después de un prolongado período de tiempo de uso, a altas temperaturas.

Así, por lo tanto, los presentes inventores, llevaron a cabo investigaciones detalladas adicionales, mediante la utilización de varios aceros inoxidables austeníticos, con objeto de prevenir el que se produzca un agrietamiento, en la porción soldada, después de un prolongado período de tiempo de uso, a altas temperaturas. Como resultado de ello, se obtuvieron los siguientes importantes descubrimientos (g) a (l).

(g) Con objeto de prevenir el que acontezca el agrietamiento anteriormente mencionado, en la porción soldada, después de un prolongado periodo de tiempo de uso, a altas temperaturas, es más efectivo el hecho de restringir el contenido de los elementos de debilitamiento del límite de grano, de una forma específica, de P, S, Sn, Sb, Pb, Zn y de As, a unos valores que se encuentren dentro de unos rangos específicos.

(h) La razón por la cual puede prevenirse el agrietamiento, mediante la restricción de los contenidos de los elementos de debilitamiento del límite de grano, anteriormente mencionados, reside en el hecho de que, puede inhibirse la reducción del debilitamiento de la fuerza de unión intragranular, mediante la reducción de la segregación del límite de grano de los elementos anteriormente mencionados, durante los ciclos de térmicos del proceso de soldadura, o durante el subsiguiente uso a altas temperaturas.

(i) De una forma particular, el agrietamiento, se encuentra implicado, en los aceros inoxidables austeníticos, los cuales contienen de un 15 a un 30% de Cr, y de un 6 a un 30% de Ni, en un porcentaje, referido a masa, como base, en donde, entre los elementos mencionados anteriormente, S, es el más nocivo, seguido del P y del Sn. Y, con objeto de prevenir el agrietamiento anteriormente mencionado, arriba, es esencial que, el valor del parámetro P1, definido por la fórmula (1), la cual se facilita abajo, tomando en consideración el peso de las influencia de los respectivos elementos, debería ser de un valor no superior a 0,06. En la fórmula, cada símbolo de elemento, representa el contenido, en porcentaje en masa, de cada elemento concernido:

$$P1 = S + \{(P + Sn) / 2\} + \{(As + Zn + Pb + Sb) / 5\} \cdots (1).$$

(j) La susceptibilidad al agrietamiento de la porción soldada anteriormente mencionada, arriba, utilizada a altas temperaturas, durante un prolongado período de tiempo, puede reducirse, procediendo a controlar, los contenidos de Nb, V, Ti, C y N, dentro de los respectivos rangos específicos, y así, mediante ello, inhibir la formación excesiva de precipitados intragranulares finos.

(k) Es posible el obtener unas reducciones adicionales, en la susceptibilidad al agrietamiento, y asegurar los niveles deseados de la resistencia a la fluencia, procediendo a ajustar los contenidos de Nb, de V y de Ti, dentro los

respectivos rangos específicos, en concordancia con los contenidos de elementos de debilitamiento del límite de grano, tales como los consistentes en P, S, Sb, Pb, Zn y As, de la forma la cual se ha mencionado anteriormente, arriba. Esto significa el hecho de que, cuando los contenidos de Nb, V, Ti, C, y N, se encuentran ajustados a los respectivos rangos específicos, entonces, resulta posible el asegurar los niveles deseados de la resistencia a la fluencia, permitiendo la precipitación de las cantidades apropiadas de los nitruros de carbono intragranulares finos y, por otro lado, el poder prevenir el reforzamiento intragranular excesiva, debido a los precipitados intragranulares finos, y para aliviar la concentración de la tensión en límite de grano, reduciendo, con ello, la susceptibilidad al agrietamiento en la zona HAZ de grano grueso.

(l) De una forma particular, en el caso de los aceros inoxidable austeníticos, los cuales contienen de un 0,04 a un 0,18% de C y de un 0,03 a un 0,035% de N, de la forma expresada, en términos de porcentaje en masa, pueden asegurarse los niveles requeridos de resistencia a la fluencia, cuando el valor del parámetro P2, definido por la fórmula (2), la cual se facilita abajo, se ajusta a un valor de no menos de 0,2. De una forma adicional, las susceptibilidad al agrietamiento, en la zona HAZ de grano grueso, puede reducirse, cuando el límite superior del valor del citado parámetro P2, se ajusta a  $[1,7 - 10 \times P1]$ ; en la fórmula, cada símbolo de elemento, representa el contenido, en porcentaje en masa, del elemento el cual se encuentra concernido.

$$P2 = Nb + 2(V + Ti) \dots (2).$$

La presente invención, se ha elaborado en base a los descubrimientos anteriormente descritos, arriba. Los puntos principales de la presente invención, son los consistentes en los aceros inoxidable austeníticos, los cuales se muestran en los siguientes puntos (1) a (3).

(1) Un acero inoxidable austenítico, el cual comprende, en porcentaje en masa, C: del 0,4 al 0,18%, Si: del 0,02 al 1,5 %; Mn: del 0,02 al 2,0%, Ni: del 6 al 30%, Cr: del 15 al 30%, N: del 0,03 al 0,35%, Al sol.: del 0,0005 al 0,03%, y de una forma adicional, contiene uno o más elementos, seleccionados de entre Nb; no más de un 1,0 %; V: no más de un 0,5% y Ti: no más de un 0,5% y, opcionalmente, contiene uno o más elementos de entre uno o más grupos, seleccionados de entre el primer al tercer grupo los cuales se encuentran listados abajo, siendo, el equilibrio, Fe e impurezas.

Primer grupo: Cu: no más de un 4%; Mo: no más de un 2%, W: no más de un 2%. Co: no más de un 1%, Ta: no más de un 0,1%, Zr: no más de un 0,1%, y Hf: no más de un 0,1%.

Segundo grupo: B: no más de un 0,012%; y

Tercer grupo: Ca: no más de un 0,02%, Mg: no más de un 0,02%, y un elemento de tierras raras: no más de un 0,1%,

en donde, los contenidos de P, S, Sn, As, Zn, Pb y Sb, entre las impurezas, son P: no más de un 0,04%, S: no más de un 0,03%, Sn: no más de un 0,1%, As: no más de un 0,01%, Zn: no más de un 0,01%, Pb: no más de un 0,01% y Sb; no más de un 0,01%, y los valores de P1 y P2, definidos, respectivamente, mediante las siguientes fórmula (1) y la fórmula (2) satisfacen las condiciones  $P1 \leq 0,06$  y  $0,2 \leq P2 \leq 1,7 - 10 \times P1$ :

$$P1 = S + \{(P + Sn) / 2\} + \{(As + Zn + Pb + Sb) / 5\} \dots (1),$$

$$P2 = Nb + 2(V + Ti) \dots (2),$$

en donde, en las fórmulas (1) y (2), cada símbolo de elemento, representa el porcentaje de contenido en masa, del elemento concernido.

(2) Un acero inoxidable austenítico, en concordancia con punto (1) anterior, el cual comprende, en porcentaje en masa: C: del 0,05 al 0,15%, Si: del 0,02 al 1,0%, Ni: del 6 al 13%, Cr: del 15 al 25%, y N: del 0,03 al 0,15%, y el valor de P2, satisface la condición  $0,3 \leq P2 \leq 1,7 - 10 \times P1$ .

(3) Un acero inoxidable austenítico, en concordancia con punto (1) anterior, el cual comprende, en porcentaje en masa, Ni: desde más del 13% hasta no más del 30%, y N: del 0,10 al 0,35%, y el valor de P2, satisface la condición  $0,2 \leq P2 \leq 1,3 - 10 \times P1$ .

El término "elemento de tierras raras", al cual se le hará referencia, en la parte que sigue, como ("REM" – [de sus siglas, en idioma inglés, correspondientes a rare earth element] -), se refiere a un total de 17 elementos, incluyen a los Sc, Y, y colectivamente, a los lantanoides, y el contenido de REM, mencionado anteriormente, arriba, significa el contenido de uno, o el contenido de dos o más de los REM.

En lo sucesivo, las invenciones anteriormente mencionadas, (1) a (3), la cuales se encuentran relacionadas con los aceros consistentes en los aceros austeníticos, se les hará referencia, como "la presente invención (1)", a "la presente invención (2)", respectivamente. Algunas veces, a éstas, se les hará referencia como "la presente invención":

## EFECTOS DE LA INVENCION

Los aceros inoxidable austeníticos de la presente invención, tienen una alta resistencia y una excelente resistencia al agrietamiento debido al límite de grano, en las porciones soldadas, durante el uso a altas temperaturas. Consecuentemente, éstos pueden utilizarse como materiales para la construcción de máquinas y de equipos, tales como los consistentes en las calderas de plantas de producción de energía, las cuales deben utilizarse a altas temperaturas, durante un prolongado período de tiempo.

## MEJORES FORMAS PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

En lo sucesivo, las razones para la restricción de los contenidos de los elementos de los componentes de los aceros inoxidable austeníticos, en la presente invención, se encuentran descritas en detalle. En la descripción la cual se facilita a continuación, el símbolo “%”, para contenido de cada elemento, significa “%” en masa.

15 C: del 0,04 al 18%

El C, es un elemento el cual tiene un efecto estabilizante austenítico, y al mismo tiempo, éste forma nitruros de carbono intragranulares, finos, con N, y mediante ello, éste contribuye al logro de mejoras en la resistencia a las altas temperaturas. Con objeto de obtener los efectos anteriormente mencionados, arriba, es necesario el hecho de que, el contenido de C, no sea inferior a un 0,04%. Sin embargo, cuando el contenido de C es excesivo, de una forma particular, cuando éste excede de un 0,18%, entonces, C, provoca, una sobreprecipitación de los nitruros de carbono finos, durante el uso a altas temperaturas. Mediante ello, se inhibe la deformación intragranular y se provoca una concentración de la tensión, en el límite de grano, para incrementar la susceptibilidad al agrietamiento debida a la debilitación del límite de grano, en la zona HAZ, de grano grueso. De una forma adicional, algunas veces, éste forma una gran cantidad de carburos intragranulares, al exponerse a ciclos térmicos de moldeo, o durante el uso a altas temperaturas, éste provoca la formación de capas empobrecidas en Cr, en las cercanías de los límites de grano, lo cual conduce a un deterioro de la resistencia a la corrosión. Así, por lo tanto, el contenido de C, se ajusta a un porcentaje que va del 0,04 al 0,18%. El límite inferior del contenido de C, es, de una forma preferible, del 0,05%, y el límite superior de éste, es, de una forma preferible, del 0,13%.

En el caso de la presente invención (2), en concordancia con la cual, el contenido de Ni, es del 6 al 13%, y el contenido de Cr, es del 15 al 25%, el contenido de C, es, de una forma preferible, del 0,05 al 0,15%. El rango de contenidos de C, en este caso, es, de una forma más preferible, del 0,07 al 0,13%.

En el caso de la presente invención (3), en concordancia con la cual, el contenido de Ni, es de más de un 13%, pero no de más de un 30%, y el contenido de Cr, es del 15 al 30%, el contenido de C, el cual es del 0,04 al 0,15%, de una forma preferible, se encuentra fuera del anteriormente mencionado rango que va del 0,04 al 0,18%.

40 Si: del 0,02 al 1,5%

El Si, es un elemento, el cual tiene un efecto desoxidante. Éste es también efectivo para incrementar la resistencia a la corrosión, a altas temperaturas. Sin embargo, cuando el contenido de éste es excesivo, de una forma particular, a un contenido que exceda de un nivel del 1,5%, éste deteriora la estabilidad de la fase austenítica, y así, de este modo, se deterioran también la resistencia y la tenacidad. Así, por lo tanto, el contenido de Si, se ajusta de tal modo que, éste, no sea de más de un 1,5%. El contenido de Si es, de una forma preferible, de no más de un 1,0%.

El contenido de Si más preferible, en la práctica de la presente invención, es de no más de un 0,8%.

No es necesario el especificar, de una forma particular, cualquier límite inferior en contenido de Si; pero, sin embargo, una reducción extrema en el contenido de Si, tiene como resultado un fracaso para alcanzar un efecto desoxidante el cual sea suficiente, y así, de este modo, un deterioro en la pulcritud del acero y, de una forma adicional, unos costes de producción incrementados. Así, de esta forma, el límite inferior del contenido de Si, es de un 0,02%.

55 Mn: del 0,02 al 2,0%

El Mn, del mismo modo que el Si, tiene un efecto desoxidante. El Mn, contribuye así mismo en la estabilización de la fase austenítica. Sin embargo, cuando el contenido es excesivo, de una forma particular, a un contenido correspondiente a un nivel que exceda del 2,0%, éste provoca una debilitamiento, y así, de este modo, un deterioro del ductilidad y resistencia a la fluencia. Así, de esta forma, el contenido de Mn, se M, se ajusta a un porcentaje de no más del 2,0%. De una forma más preferible, el contenido de Mn, es de un porcentaje de no más del 1,5%.

No es necesario el especificar, de una forma particular, cualquier límite inferior en contenido de Mn; pero, sin embargo, una reducción extrema en el contenido de Mn, tiene como resultado un fracaso para alcanzar un efecto desoxidante el cual sea suficiente, y así, de este modo, un deterioro en la pulcritud (pureza) del acero y, de una

forma adicional, unos costes de producción incrementados. Así, de esta forma, el límite inferior del contenido de Mn, es de un 0,02%.

Ni: del 6 al 30%

El Ni es efectivo en la obtención de la microestructura austenítica, y así mismo, éste se trata de un elemento esencial, para asegurar la estabilidad estructural, durante un prolongado período de uso, para así, de este modo, obtener el nivel deseado de resistencia a la fluencia. Con objeto de producir de una forma suficiente los efectos anteriormente mencionados, arriba, dentro del rango de contenidos de Cr, que se mencionarán más abajo, es necesario que, el contenido de Ni, sea de un porcentaje no inferior a un 6%. Por otro lado, la adición de Ni, el cual se trata de un elemento caro, a un contenido correspondiente a un nivel que exceda del 30%, tiene como resultado un incremento en el coste. Así, por lo tanto, el contenido de Ni, se ajusta a un valor que va del 6 al 30%. El límite inferior del contenido de Ni es, de una forma preferible, de un 7%, y el límite superior de éste, es, de una forma preferible, de un 28%.

Cr: del 15 al 30%

El Cr, es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la oxidación y la resistencia a la corrosión, a altas temperaturas y, con objeto de obtener dichos efectos, es necesario el hecho de que, el contenido de Cr, no sea de menos del 15%. Sin embargo, cuando el contenido de éste es excesivo, de una forma particular, a un contenido que exceda de un nivel del 30%, éste deteriora la estabilidad de la fase austenítica, a altas temperaturas, y así, de este modo, éste provoca una disminución en la resistencia a la fluencia. Así, por lo tanto, el contenido de Cr, se ajusta a un valor que va del 15 al 30%. El límite inferior del contenido de Cr es, de una forma preferible, de un 16%, y el límite superior de éste, es, de una forma preferible, de un 28%.

Cuando se toma en consideración la estabilidad de la fase austenítica, y/o el coste, entonces, la combinación del contenido de Ni y el contenido de Cr, es, de una forma preferible, de la forma que sigue, según se encuentra definido mediante la presente invención (2): Ni: del 6 al 13%, y Cr: del 15 al 25%, siendo, de una forma preferible, Ni: del 7 al 12%, y Cr: del 16 al 20%.

Con objeto de asegurar la estabilidad de la fase austenítica, a altas temperaturas, así como una alta resistencia a la corrosión, la combinación del contenido de Ni y el contenido de Cr, es, de una forma preferible, de la forma que sigue, según se encuentra definido mediante la presente invención (3): Ni: de un valor que va desde más de un 13%, a no más del 30%, y Cr: del 15 al 30%, de una forma más preferible: Ni: de. 15 al 28%, y Cr: del 18 al 28%.

Ni: del 0,03 al 0,35%

El Ni, es un elemento de formación de la estenita, y es así mismo un elemento soluble en la matriz, y forma, del mismo modo que el C, nitruros de carbono intragranulares, y así de este modo, éste es un elemento esencial para asegurar la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas. Con objeto de obtener estos efectos, de una forma suficiente, se requiere el hecho de que, el contenido de N, sea de no menos de un 0,03%. El N, es así mismo efectivo en la mejora de la resistencia a la corrosión. Sin embargo, cuando el contenido de N es excesivo, de una forma particular, cuando éste excede de un nivel del 0,35%, entonces, éste provoca, una precipitación de una gran cantidad de nitruros de carbono finos, durante el uso a altas temperaturas, para, mediante ello, inhibir la deformación intragranular y provocar una concentración de la tensión, en el límite de grano, la cual tiene como resultado el incremento de la susceptibilidad al agrietamiento debida a la debilitación del límite de grano, en la zona HAZ, de grano grueso. Así, por lo tanto, el contenido de N, se ajusta a un porcentaje que va del 0,03 al 0,15%. El límite inferior del contenido de N, es, de una forma preferible, del 0,05%, y el límite superior de éste, es, de una forma preferible, del 0,30%.

Cuando el contenido de Ni es del 6 al 13%, y el contenido de Cr es del 15 al 25%, entonces, el contenido de N es, de una forma preferible, del 0,03 al 0,15%. El rango de contenidos de N, en este caso, es, de una forma preferible, del 0,05 al 0,12%.

Cuando el contenido de Ni es de un porcentaje que va de más del 13%, a no más del 30%, y el contenido de Cr, es del 15 al 30%, entonces, el contenido de N es, de una forma preferible, del 0,10 al 0,35%. El rango de contenidos de N es, en este caso, de una forma más preferible, del 0,15 al 0,30%.

Al sol. : del 0,0005 al 0,03%.

El Al, tiene un efecto desoxidante, pero, a altos niveles de adición, éste afecta a la pulcritud y deteriora la capacidad de procesado y en la ductilidad; de una forma particular, cuando el contenido de Al excede de un 0,03%, como Al sol. ("Al soluble en ácido"), éste provoca una remarcable reducción en la capacidad de procesado y en la ductilidad.

Así, por lo tanto, el contenido de Al sol. se ajusta a un valor de no más de un 0,03%. El límite inferior del contenido de Al sol, no se encuentra particularmente restringido. Sin embargo, en la presente invención, el límite inferior del contenido de Al sol., se ajusta a un valor del 0,0005%.

- 5 Uno o más elementos seleccionados de entre N: en un porcentaje de no más del 1,0%, V: en un porcentaje de no más del 0,5% y Ti: en un porcentaje de no más del 0,5%.

El Nb, el V y el Ti, constituyen un importante grupo de elementos, el cual forma la base de la presente invención. Esto significa que, estos elementos, precipitan intragranularmente, en la forma de nitruros de carbono finos, y así, de este modo, éstos actúan como elementos esenciales, para asegurar la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas. Sin embargo, cuando el contenido de estos elementos es excesivo, de una forma particular, cuando los contenidos de Nb de V, exceden de un porcentaje que va del 1,0% al 0,5%, respectivamente, entonces, los nitruros de carbono, adquieren un carácter tosco, durante su uso a altas temperaturas, provocando así, de este modo, una reducción en la resistencia a la fluencia y en la tenacidad. En el caso del Ti, si el contenido de éste excede de un 0,5%, entonces, éste provoca un remarcable incremento de la susceptibilidad al agrietamiento líquido, en la ocasión del proceso de soldadura. Así, por lo tanto, el contenido de cada uno de los elementos consistentes en Nb, V y Ti, se ajusta de la siguiente forma: Nb: a un valor de no más de un 1,0%, V: a un valor de no más de un 0,5%, y Ti: a un valor de no más de un 0,5%.

- 20 El límite superior de cada uno de los contenidos de los elementos anteriormente mencionados, arriba, es, de una forma preferible, de la forma que sigue: de un 0,8% para Nb, de un 0,4% para V, y de un 0,04% para Ti.

Los aceros de la presente invención, pueden contener únicamente uno, o una combinación de dos o más de los elementos anteriormente mencionados, arriba, seleccionados de entre Nb, V, y Ti. Sin embargo, con objeto de asegurar los niveles requeridos de la resistencia a la fluencia, es necesario el hecho de que, el valor del citado parámetro P2, anteriormente mencionado, arriba, debería ajustarse a un valor de no menos de 0,2, y con objeto de reducir la susceptibilidad al agrietamiento, en la zona HAZ de grano grueso, es necesario el hecho de que, el límite superior del valor del citado parámetro P2, deba ajustarse a  $[1,7 - 10 \times P1]$ , de la forma la cual se describirá, más adelante, aquí.

- 30 En la presente invención, es necesario el hecho de restringir los contenidos de P, S, Sn, As, Zn, Pb, y Sb, entre las impurezas, a unos niveles los cuales no sean superiores a los que se especifican.

Esto significa que, la totalidad de los elementos anteriormente mencionados, arriba, segregan a los límites de grano, en la zona HAZ de grano grueso, durante los ciclos térmicos del proceso de soldadura, o durante el subsiguiente uso a altas temperaturas, debilitando así, de este modo, la fuerza de unión del límite de grano, y provocando un agrietamiento, debido al debilitamiento de la zona HAZ de grano grueso, durante el uso a altas temperaturas. Así, por lo tanto, en primer lugar, es necesario el restringir los contenidos de éstos, de la forma que sigue: P: a un valor de no más del 0,04%, S: a un valor de no más del 0,03%, Sn: a un valor de no más del 0,1%, As: a un valor de no más del 0,01%, Zn: a un valor de no más de un 0,01%, Pb: a un valor de no más del 0,01%, y Sb: a un valor de no más del 0,01%.

Entre los elementos anteriormente mencionados, arriba, el S, ejerce la influencia más nociva en el agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HZ de grano grueso, durante el uso a altas temperaturas, seguido de las influencias nocivas del P y del Sn, en el acero inoxidable austenítico de la presente invención, el cual contiene de un 15 a un 30% de Cr, y de un 6 a un 30% de Ni. Y con objeto de prevenir el citado agrietamiento, es necesario que, el valor del parámetro P, anteriormente mencionado, arriba, debería ser de no más de 0,06, y que, este parámetro P1, en relación con el parámetro P2, debería satisfacer la condición a  $[P2 \leq 1,7 - 10 \times P1]$ . Estos requerimientos, se explicarán abajo.

- 50 El valor del parámetro P1: es de no más de 0,06.

Cuando el valor del parámetro P1, el cual se define mediante la citada fórmula (1), es decir, mediante la fórmula  $[S + \{(P + Sn) / 2\} + \{(As + Zn + Pb + Sb) / 5\}]$ , excede de 0,06, entonces, resulta imposible el prevenir la disminución de la fuerza de unión del límite de grano, y, así, de este modo, no puede evitarse el que se produzca un agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso, durante el uso a altas temperaturas del acero inoxidable austenítico en concordancia con la presente invención, el cual contiene del 15 al 30% de Cr, y del 6 al 30% de Ni. Así, por lo tanto, es necesario el hecho de que, el valor de parámetro P1, deba ajustarse a no más de 0,06. El valor del parámetro P1, de una forma preferible, es de no más de 0,04. Es así mismo preferible, el que, valor del parámetro P1, se reduzca tanto como sea posible.

- El valor del parámetro P2: es de no más de 0,2, a no más de  $[1,7 - 10 \times P1]$ .

Cuando el valor de P2, definido mediante la fórmula (2), es decir, mediante la fórmula  $[Nb + 2(V + Ti)]$ , no es menor de 0,2, entonces, las cantidades apropiadas de nitruros de carbono finos, precipitan de una forma intragranular, y así, de este modo, pueden asegurarse una alta resistencia a la fluencia. De una forma adicional, cuando el valor de

5 P2, satisface la condición de no más de  $[1,7 - 10 \times P1]$ , en relación con el parámetro P1, anteriormente mencionado, arriba, entonces, resulta posible el inhibir un excesivo fortalecimiento intragranular, y así, por lo tanto, también, el prevenir el agrietamiento anteriormente mencionado, arriba, en la zona HAZ de grano grueso.  $[1,7 - 10 \times P1]$ . Así, por lo tanto, el valor del parámetro P2, se ajusta dentro de un rango que va desde no menos de 0,2, hasta no más de  $[1,7 - 10 \times P1]$ . El límite inferior del valor del parámetro P2, es, de una forma preferible, de 0,3, y de una forma más preferible, de 0,4. Por otro lado, el límite superior del valor del parámetro P2, se ajusta, de una forma preferible, a  $[1,5 - 10 \times P1]$ , y de una forma más preferible, a  $[1,3 - 10 \times P1]$ .

10 En el caso de la presente invención (2) en concordancia con la cual, el contenido de Ni, es del 6 al 13%, y contenido de Cr, es del 15 al 25%, el valor del parámetro P2, se ajusta, de una forma preferible, a no menos de 0,3 y no más de  $[1,7 - 10 \times P1]$ . En ese caso, el límite inferior más preferible del valor del parámetro P2, es 0,4. Y de una forma más preferible, el límite superior del valor del parámetro P2, es  $[1,5 - 10 \times P1]$ .

15 En el caso de la presente invención (3) en concordancia con la cual, el contenido de Ni, se encuentra dentro de un rango que va desde más de un 13% a no más de un 30 %, y el contenido de Cr, es del 15 al 30%, el valor del parámetro P2, se ajusta, de una forma preferible, a no menos de 0,2 y no más de  $[1,3 - 10 \times P1]$ . En ese caso, el límite inferior más preferible del valor del parámetro P2, es 0,3. Y de una forma más preferible, el límite superior del valor del parámetro P2, es  $[1,2 - 10 \times P1]$ .

20 Los aceros inoxidables austeníticos en concordancia con las presentes invenciones (1) a (3), puede también contener, adicionalmente, y de una forma selectiva, en concordancia con las necesidades, uno o más elementos de cada uno de los siguientes grupos de elementos, en lugar de una parte de Fe:

25 Primer grupo: Cu: no más de un 4%, Mo: no más de un 2%, W: no más de un 2%, Co: no más de un 1%. Ta: no más de un 0,1%, Zr: no más de un 0,1%, y Hf: no más de un 0,1%.

Segundo grupo: B: no más de un 0,012%; y

30 Tercer grupo: Ca; no más de un 0,02%, Mg: no más de un 0,02%, y REM: no más de un 0,1%.

Esto significa que, uno o más del primer al tercer grupo de elementos, pueden añadirse, como elemento(s) opcional(es), a los aceros anteriormente mencionados, arriba, y así, por consiguiente, éstos se encuentran contenidos aquí.

35 Los anteriormente mencionados elementos opcionales, se explicaran abajo, a continuación.

Primer grupo: Cu: no más de un 4%, Mo: no más de un 2%, W: no más de un 2%, Co: no más de un 1%. Ta: no más de un 0,1%, Zr: no más de un 0,1%, y Hf: no más de un 0,1%.

40 Cada uno de los elementos Cu, Mo, W, Co, Ta, Zr, y Hf, al ser elementos del primer grupo, si éstos se añaden, entonces, éstos tienen el efecto de mejorar la resistencia a las altas temperaturas. Con objeto de obtener este efecto, los citados elementos, pueden añadirse a los aceros, y así, por consiguiente, éstos se encuentran contenidos aquí. Los elementos los cuales se encuentran en el primer grupo, se describen ahora en detalle.

45 Cu: no más de un 4%.

El Cu, precipita finamente a altas temperaturas. Así, por lo tanto, el Cu, es un elemento efectivo, el cual mejora la resistencia a las altas temperaturas. El Cu, es así mismo efectivo en la estabilización de la fase austenítica. Sin embargo, cuando se procede a incrementar el contenido de Cu, entonces, la precipitación de la fase de Cu, se convierte en excesiva, y la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso, anteriormente mencionada, arriba, se incrementa. Así, por lo tanto, el contenido de Cu, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más del 3,8%, y de una forma más preferible, a un valor de no más del 3,5%. El contenido de Cu, se ajusta, de una forma más preferible, a un valor de no más del 3%. Por otro lado, con objeto de asegurar los efectos anteriormente mencionados, arriba, el límite inferior del contenido de Cu, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,02%. El límite inferior del contenido de Cu, es, de una forma más preferible, de un 0,05%.

Mo: no más de un 2%.

60 El Mo, se disuelve en la matriz, y éste es un elemento el cual contribuye en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, contribuyendo, de una forma particular, en la mejora de la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas. Sin embargo, cuando el contenido de Mo se incrementa, entonces, la estabilidad de la fase austenítica se deteriora: así, de este modo, la resistencia a la fluencia, es más bien baja, y de una forma adicional, se incrementa la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. De una forma particular, cuando el contenido de Mo excede de un 2%, entonces, la resistencia a la fluencia, se deteriora de una forma remarcable. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Mo, entonces, el contenido de Mo, se

ajusta a un valor de no más de un 2%. El contenido de Mo, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 1,8%. Por otro lado, con objeto de asegurar los efectos anteriormente mencionados, arriba, el límite inferior del contenido de Mo, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,05%. El límite inferior de éste, se ajusta, de una forma más preferible a un 0,08%.

5 W: no más de un 2%

El W, se disuelve así mismo en la matriz, y éste es un elemento el cual contribuye en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, contribuyendo, de una forma particular, en la mejora de la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas. Sin embargo, cuando el contenido de W se incrementa, entonces, la estabilidad de la fase austenítica se deteriora: así, de este modo, la resistencia a la fluencia, es más bien baja, y de una forma adicional, se incrementa la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. De una forma particular, cuando el contenido de W excede de un 2%, entonces, la resistencia a la fluencia, se deteriora de una forma remarcable. Así, por lo tanto, si se procede a añadir W, entonces, el contenido de W, se ajusta a un valor de no más de un 2%. El contenido de W, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 1,8%. Por otro lado, con objeto de asegurar los efectos anteriormente mencionados, arriba, el límite inferior del contenido de W, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,05%. El límite inferior de éste, se ajusta, de una forma más preferible a un 0,08%.

20 Co: no más de un 1%

De la misma forma que el Ni, el Co, es un elemento que forma austenita: éste incrementa la estabilidad de la fase austenítica, y realiza una contribución en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, de forma particular, a la mejora de la resistencia a la fluencia. Sin embargo, el Co, es un elemento muy caro y, así, por lo tanto, un contenido incrementado de éste, tiene como resultado un incremento en el coste. De una forma particular, cuando el contenido de Co, excede de un 1%, entonces, el coste, se incrementa de una forma remarcable. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Co, entonces, el contenido de Co se ajusta a un valor de no más de un 1%. El contenido de Co se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,9%. Por otro lado, con objeto de asegurar los efectos anteriormente mencionados, arriba, el límite inferior del contenido de Co se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,03%. El límite inferior del contenido de Co, se ajusta, de una forma más preferible a un 0,05%.

30 Ta: no más de un 0,1%

El Ta, se disuelve en la matriz, y éste precipita como un nitruro de carbono: éste es un elemento el cual contribuye en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, contribuyendo, de una forma particular, en la mejora de la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas, si bien, el efecto, no es tan grande, si éste se compara con los del Mo, W, V, Nb, ó Ti. Sin embargo, cuando el contenido de Ta se incrementa, entonces, la cantidad de precipitados, se incrementa, y así, por lo tanto, se deteriora la tenacidad, y de una forma adicional, aumenta la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. De una forma particular, cuando el contenido de Ta excede de un 0,1%, entonces, se deteriora de una forma remarcable la tenacidad, y se incrementa de una forma remarcable la incidencia del agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Ta, entonces, el contenido de Ta, se ajusta a un valor de no más de un 0,1%. El contenido de Ta, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,09%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de Ta, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,002%. El límite inferior del contenido de Ta, se ajusta, de una forma más preferible del 0,005%.

Zr: no más de un 0,1%

El Zr, se disuelve, así mismo, en la matriz, y éste precipita como un nitruro de carbono: éste es un elemento el cual contribuye en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, contribuyendo, de una forma particular, en la mejora de la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas, si bien, el efecto, no es tan grande, si éste se compara con los del Mo, W, V, Nb, ó Ti. Sin embargo, cuando el contenido de Zr se incrementa, entonces, la cantidad de precipitados, se incrementa, y así, por lo tanto, se deteriora la tenacidad, y de una forma adicional, aumenta la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. De una forma particular, cuando el contenido de Zr excede de un 0,1%, entonces, se deteriora de una forma remarcable la tenacidad, y se incrementa de una forma remarcable la incidencia del agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Zr, entonces, el contenido de Zr, se ajusta a un valor de no más de un 0,1%. El contenido de Zr, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,09%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de Zr, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,002%. El límite inferior del contenido de Zr, es, de una forma más preferible del 0,005%.

Hf: no más de un 0,1%

65 El Hf, se disuelve, así mismo, en la matriz, y éste precipita como un nitruro de carbono: éste es un elemento el cual contribuye en la mejora de la resistencia a las altas temperaturas, contribuyendo, de una forma particular, en la

mejora de la resistencia a la fluencia, a altas temperaturas, si bien, el efecto, no es tan grande, si éste se compara con los del Mo, W, V, Nb, ó Ti. Sin embargo, cuando el contenido de Hf se incrementa, entonces, la cantidad de precipitados, se incrementa, y así, por lo tanto, se deteriora la tenacidad, y de una forma adicional, aumenta la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. De una forma particular, cuando el contenido de Hf excede de un 0,1%, entonces, se deteriora de una forma remarcable la tenacidad, y se incrementa de una forma remarcable la incidencia del agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Hf, entonces, el contenido de Hf, se ajusta a un valor de no más de un 0,1%. El contenido de Hf, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,09%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de Hf, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,002%. El límite inferior del contenido de Hf, es, de una forma más preferible del 0,005%.

Los aceros de la presente invención, pueden contener únicamente uno, o una combinación de dos o más de los anteriormente, mencionados Cu, Mo, W, Co, Ta, Zr, y Hf.

Segundo grupo: B: no más de un 0,012%

El B, el cual es un elemento de segundo grupo, si se añade, éste tiene el efecto de fortalecer los límites de grano. Con objeto de obtener este efecto, el B, puede añadirse a los aceros, y así, por consiguiente, encontrarse contenido en éstos. El B, el cual se encuentra en el segundo grupo, se explicará ahora en detalle.

B: no más de un 0,012%

El B, se segrega en los límites de grano, y así mismo, éste dispersa los carburos que precipitan finamente sobre los límites de grano, y es un elemento el efectúa una contribución en el fortalecimiento de los límites de grano. Sin embargo, una excesiva adición de B, reduce el punto de fusión; de una forma particular, cuando el contenido de B excede de un 12%, entonces, la reducción del punto de fusión, se convierte en remarcable, y así, por lo tanto, en la etapa del proceso de soldadura, acontece el agrietamiento de licuación, sobre los límites de grano, en la zona Haz, cercana a la línea de fusión. Así, por lo tanto, si se procede a añadir B, entonces, el contenido de B, se ajusta a un valor de no más de un 0,012%. El contenido de B, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,010%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de B, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,0001%. El límite inferior del contenido de B, es, de una forma más preferible del 0,0005%.

Tercer grupo: Ca: no más de un 0,02%. Mg: no más de un 0,02%, y REM: no más de un 0,1%

Cada uno de entre los Ca, Mg, y RM, al ser elementos del tercer grupo, si se añaden, entonces, éstos tienen el efecto de incrementar la capacidad de procesado en caliente. Con objeto de obtener este efecto, los citados elementos, pueden añadirse a los aceros, y así, de este modo, encontrarse contenidos en éstos. Los elementos, los cual se encuentran incluidos en el tercer grupo, se describen ahora en detalle.

Ca: no más de un 0,02%

El Ca, tiene una alta afinidad para el S, y así, de este modo, éste tiene un efecto de mejora de la capacidad de procesado en caliente. El Ca, es así mismo efectivo, si bien sólo en una escasa medida, en la reducción de la posibilidad de que acontezca un agrietamiento, debido a debilitamiento del límite de grano, en la zona HZ de grano grueso, el cual viene provocado por la segregación del S, en los límites de grano. Sin embargo, una adición de Ca en exceso, provoca un deterioro de la pulcritud, en otras palabras, un incremento del índice de pulcritud, debido a la unión de éste al oxígeno; de una forma particular, cuando el contenido de Ca excede de un 0,02%, entonces, el deterioro de la pulcritud, se incrementa de una forma remarcable, y se deteriora bastante la capacidad de procesado en caliente. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Ca, entonces, el contenido de Ca, se ajusta a un valor de no más de un 0,02%. El contenido de Ca, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,015%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de Ca, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,0001%. El límite inferior del contenido de Ca, es, de una forma más preferible del 0,001%.

Mg: no más de un 0,02%

El Mg, tiene una alta afinidad para el S, y así, de este modo, éste tiene un efecto de mejora de la capacidad de procesado en caliente. El Mg, es así mismo efectivo, si bien sólo en una escasa medida, en la reducción de la posibilidad de que acontezca un agrietamiento, debido a debilitamiento del límite de grano, en la zona HZ de grano grueso, el cual viene provocado por la segregación del S, en los límites de grano. Sin embargo, una adición de Mg en exceso, provoca un deterioro de la pulcritud, debido a la unión de éste al oxígeno; de una forma particular, cuando el contenido de Mg excede de un 0,02%, entonces, el deterioro de la pulcritud, se incrementa de una forma remarcable, y se deteriora bastante la capacidad de procesado en caliente. Así, por lo tanto, si se procede a añadir Mg, entonces, el contenido de Mg, se ajusta a un valor de no más de un 0,02%. El contenido de Mg, se ajusta, de

una forma preferible, a un valor de no más de un 0,015%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de Mg, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,0001%. El límite inferior del contenido de Mg, es, de una forma más preferible del 0,001%.

5 REM: no más de un 0,1%

El REM, tiene una alta afinidad para el S, y así, de este modo, éste tiene un efecto de mejora de la capacidad de procesado en caliente. El REM, es así mismo efectivo en la reducción de la posibilidad de que acontezca un agrietamiento, debido a debilitamiento del límite de grano, en la zona HZ de grano grueso, el cual viene provocado por la segregación del S, en los límites de grano. Sin embargo, una adición de REM en exceso, provoca un deterioro de la pulcritud, debido a la unión de éste al oxígeno; de una forma particular, cuando el contenido de REM excede de un 0,01%, entonces, el deterioro de la pulcritud, se incrementa de una forma remarcable, y se deteriora bastante la capacidad de procesado en caliente. Así, por lo tanto, si se procede a añadir REM, entonces, el contenido de REM, se ajusta a un valor de no más de un 0,1%. El contenido de REM, se ajusta, de una forma preferible, a un valor de no más de un 0,08%. Por otro lado, con objeto de asegurar el efecto anteriormente mencionado, arriba, el límite inferior del contenido de REM, se ajusta, de una forma preferible, a un valor del 0,001%. El límite inferior del contenido de REM es, de una forma más preferible del 0,005%.

20 Tal y como se mencionado anteriormente, arriba, el término "REM", se refiere a un total de 17 elementos, incluyendo al Sc, al Y, y a los lantanoides, respectivamente; y el contenido de REM, significa el contenido de uno o el contenido total de dos o más de los REM.

El acero de la presente invención, puede contener sólo uno, o una combinación de dos o más de los anteriormente mencionados, Ca, Mg y REM.

25 A raíz de las razones anteriormente mencionadas, arriba, el acero inoxidable austenítico en concordancia con una de las presentes invenciones (1) a (3), se define como uno, el cual puede contener uno o más elementos de uno o más grupos seleccionados de entre el primer al tercer grupo, los cuales se encuentran listados abajo, a continuación, en lugar de una parte de Fe:

30 Primer grupo: Cu: no más de un 4%; Mo: no más de un 2%, W: no más de un 2%. Co: no más de un 1%, Ta: no más de un 0,1%, Zr: no más de un 0,1%, y Hf: no más de un 0,1%.

35 Segundo grupo: B: no más de un 0,012%; y

Tercer grupo: Ca: no más de un 0,02%, Mg: no más de un 0,02%, y REM: no más de un 0,1%,

40 Los aceros austeníticos en concordancia con las presentes invenciones (1) a (3), pueden producirse procediendo a seleccionar los materiales a ser utilizados en la etapa de fusión, en base a los resultados de análisis cuidadosos y detallados, de tal forma que, en particular, los contenidos de Sn, As, Zn, Pb y Sb, entre las impurezas, puedan corresponder a unos valores que se encuentren comprendidos dentro de los anteriormente mencionados rangos, a saber, Sn: no más de un 0,1%; As: no más de un 0,01%; Zn: no más de un 0,01%; Pb: no más de un 0,01%, y Sb: no más de un 0,01%, y que los valores de  $P1$  y  $P2$ , respectivamente definidos por las citadas fórmula (1) y fórmula (2), satisfagan las condiciones  $P1 \leq 0,06$  y  $0,3 \leq P2 \leq 1,7 - 10 \times P1$ , respectivamente, y a continuación, fundiendo los materiales mediante la utilización de un horno eléctrico, un horno de AOD (de descarburación mediante argón y oxígeno)

50 A continuación, se produce un bloque, un tocho, o un taco, procediendo a verter el metal fundido, el cual se prepara mediante un proceso de fusión, para su conversión en un lingote, mediante el así llamado "procedimiento de fabricación de lingotes", y sometiendo el lingote en cuestión, a un procesado en caliente, o mediante fundición en continuo. Subsiguientemente, en el caso de una fabricación de placas, por ejemplo, dicho material, se somete a laminado en caliente, para su conversión en una placa, o en una lámina, en forma de bobina. O, en el caso de fabricación de tubos, por ejemplo, cualquiera de dichos materiales, se somete a un procesado en caliente, para su conversión en un producto tubular, mediante el procedimiento de fabricación de tubos, mediante extrusión en caliente, o el procedimiento de Mannesmann de fabricación de tubos.

60 Esto significa que, el procesado en caliente, puede utilizar cualquier procedimiento de procesado. Así, por ejemplo, en un caso, en donde, el producto final, es un tubo de acero, entonces, el procesado en caliente, puede incluir el proceso de fabricación de tubos mediante extrusión en caliente, el cual se encuentra representado mediante el procedimiento de Ugine-Sejournet y/o el procedimiento de fabricación de tuberías mediante laminado (procedimiento de Mannesmann para la fabricación de tubos), el cual se encuentra representado mediante el procedimiento de Mannesmann para el laminado en trenes de laminación, provistos de palanquilla, y procedimiento de Mannesmann para el laminado en trenes de laminación, provistos de palanquilla, o por el estilo. En el caso en donde, el producto final, se trata de una placa o de una lámina de acero, entonces, el procesado en caliente, puede incluir el proceso típico de fabricación de una placa de acero, o de una lámina de acero laminada en caliente, enrollada a modo de bobina.

65

La temperatura final del procesado en caliente, no se encuentra particularmente definido, pero, de una forma preferible, ésta puede ajustarse a un valor de no menos de 1030°C. Esto es debido al hecho de que, si la temperatura final del procesado en caliente, es de menos de 1030°C, entonces, la disolución de los nitruros de carbono de Nb, de Ti, y V, resulta insuficiente, y así, por lo tanto, la resistencia a la fluencia y la ductilidad, pueden resultar dañadas.

El procesado en frío, puede llevarse a cabo después del procesado en caliente. Así, por ejemplo, en un caso, en donde, el producto final, sea un tubo o una tubería de acero, el procesado en frío, puede incluir el procedimiento de fabricación de tuberías, mediante estirado (trefilado) en frío, mediante el cual, la tubería producida a partir del anteriormente mencionado procesado en caliente, se somete a trefilado por estiramiento y / o al proceso de fabricación de tuberías mediante laminado en frío, mediante la utilización de una instalación de laminado en frío del tipo de rodamientos a bolas de contacto angular. En el caso en donde, el producto final, se trate de una placa o un lámina de acero, el procesado en frío, puede incluir el procedimiento típico de fabricación mediante laminado en frío de una lámina de acero, enrollada en forma de bovina. De una forma adicional, con objeto de homogeneizar la microestructura, y de estabilizar adicionalmente la resistencia, es preferible el hecho de aplicar tensiones, sobre los materiales y, a continuación, llevar a cabo un tratamiento de calor, para la obtención de la recristalización y de granos uniformes. Con objeto de aplicar las tensiones, se recomienda que, el procesado final, en el caso del procesado en frío, se lleve a cabo a una tasa de reducción, en el área, de no menos de un 10%.

El tratamiento final por calor, después del anteriormente mencionado procesado en caliente, o el tratamiento por calor, final, después de un procesado adicional en frío, a continuación del procesado en caliente, puede llevarse a cabo a una temperatura de calentamiento, de no más de 1030°C. El límite superior de dicha temperatura de calentamiento, no se encuentra particularmente definida, pero, una temperatura, la cual exceda de los 1350°C, puede causar, no únicamente un agrietamiento o intergranular o un deterioro de la ductilidad, provocado por la alta temperatura, sino, así mismo, granos muy gruesos. De una forma adicional, dicha temperatura, puede provocar un remarcable deterioro de la capacidad de procesado. Así, por lo tanto, el límite inferior de la temperatura, se ajusta, de una forma preferible, a 1350°C

Los ejemplos los cuales se facilitan a continuación, ilustran la presente invención, de una forma más específica. Estos ejemplos, no se limitan, no obstante, en modo alguno, al ámbito de la presente invención.

## EJEMPLOS

(Ejemplo 1)

Se procedió a fundir los aceros austeníticos A1, A2, B1 y B2, los cuales tenían las composiciones químicas que se muestran en las Tablas 1 y 2, mediante la utilización de un horno eléctrico, y mediante colada, para formar lingotes. Cada lingote, se procesó en caliente y, mediante forjado en caliente, y laminado en caliente, y a continuación, éstos se sometieron a un tratamiento de calor, el cual comprendía el calentamiento a una temperatura de 1200°C, seguido de un enfriamiento con agua, y, subsiguientemente, éstos se sometieron a un mecanizado, para producir placas de acero, las cuales tenían un espesor de 20 mm, una anchura de 50 mm y una longitud de 100 mm.

Los aceros A1 y A2, los cuales se muestran en las Tablas 1 y 2, son aceros que tienen composiciones químicas la cuales se encuentran comprendidas por el rango regulado por la presente invención. Por otro lado, los aceros B1 y B2, son aceros de los ejemplos comparativos, en los cuales, los valores de los parámetros P1 y P2, se encuentran fuera de los rangos regulados por la presente invención.

**Tabla 1**  
Composición química (% en masa) El equilibrio: Fe e impurezas

Acero	Composición química (% en masa) El equilibrio: Fe e impurezas															
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Co	Al sol.	B	N	Nb	V	Ti	S	P
A1	0.07	0.24	0.80	2.79	8.93	18.95	0.31	0.15	0.002	0.0047	0.12	0.500	0.072	0.003	0.0020	0.031
A2	0.06	0.38	1.15	0.08	19.70	24.56	0.11	0.39	0.005	0.0018	0.24	0.444	0.030	0.003	0.0003	0.017
B1	0.08	0.22	0.75	2.85	8.92	18.95	0.35	0.15	0.007	0.0030	0.10	0.595	0.192	0.040	0.0090	0.038
B2	0.06	0.36	1.18	0.08	20.10	25.12	0.10	0.42	0.004	0.0014	0.26	0.480	0.210	0.082	0.0120	0.028

Tabla 2 (continuación de la Tabla 1)

Acero	Composición química (% en masa) El equilibrio: Fe e impurezas							Valor de P1	Valor de [1,7-10xP1]	Valor de P2
	Sn	As	Pb	Zn	Sb	Otros				
A1	0,0700	-	-	-	-	-	-	0,05	1,18	0,65
A2	0,0160	0,0010	0,0002	0,0010	-	-	-	0,02	1,53	0,51
B1	0,0700	0,0030	0,0030	0,0030	0,0020	Ca:0,0001	-	* 0,07	1,05	* 1,06
B2	0,0800	0,0060	0,0020	0,0030	0,0040	Hf:0,002	-	* 0,07	1,01	* 1,06

$P1 = S + \{(P+Sn)/2\} + \{(As+Zn+Pb+Sb)/5\}$   
 $P2 = Nb + 2(V+Ti)$   
 La marca \* indica que se encuentra fuera de las condiciones reguladas por la presente invención

- 5 A continuación, se procedió a mecanizar las placas fabricadas a base de los aceros A1, A2 y B1, para proporcionar, a cada una de ellas, la forma de una ranura en V, con un ángulo de 30°, en la dirección longitudinal y un espesor de la raíz de 1 mm. Subsiguientemente, cada una de ellas, se sometió a cuatro procesos de soldadura, con restricción de los lados, en una placa de acero comercial del tipo SM400, de 25 mm de espesor, 200 mm de anchura y 200 mm de longitud, y tal y como se encuentra estandarizado, en JIS G 3106 (2004), mediante la utilización de “DNiCrFe-3”, según se define en JIS Z (1999), como un electrodo cubierto.
- 10 Subsiguientemente, cada placa de acero, se sometió a un proceso de soldadura multicapa, en la ranura, mediante la utilización de “YNiCr-3”, el cual se encuentra definido en JIS Z 3334 (1999), como un hilo (varilla) de soldadura, mediante el procedimiento de soldadura TIG (en gas inerte de tungsteno –TIG, de sus iniciales en idioma inglés), bajo unas condiciones de entrada de calor de un valor de 9 a 15 Kj/cm.
- 15 Después de haber procedido al procedimiento de soldadura anteriormente descrito, se procedió a someter, a cada espécimen, a un tratamiento de envejecimiento por calor, a una temperatura de 650°C, durante 3000 horas, y una sección de éstos, se pulió, de una forma semejante a un espejo, y se gravó mediante agua fuerte, y a continuación, se procedió a su observación, mediante la utilización de un microscopio óptico. Como resultado de ello, se encontró que había acontecido un agrietamiento debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso,
- 20 en los aceros B1 y B2.
- A continuación, se procedió a preparar especímenes de ensayo, los cuales tenían un tamaño de 12 mm x 12 mm x 100 mm, procedentes de la parte central, en la dirección del espesor, de cada una de las anteriormente mencionadas placas de acero, con un espesor de 20 mm, una anchura de 50 mm y una longitud de 100 mm. Los
- 25 especímenes de ensayo anteriormente mencionados, arriba, se sometieron a ciclos térmicos simulados, en la zona HAZ, a una temperatura de 1350°C, durante 5 segundos, lo cual simulaba el ciclo térmico de soldadura en la zona HAZ de grano grueso. A continuación, se procedió a cortar especímenes de ensayo de la fluencia, de barras redondas aladas, con una porción embebida, expuesta a ciclos térmicos en la zona HAZ, simulados, que formaban la porción paralela, 6 mm en diámetro y 10 mm en longitud, de los anteriormente citados especímenes de ensayo.
- 30 En cuanto a lo referente a los aceros A1 y B1, los especímenes de ensayo de fluencia, se sometieron a un ensayo de rotura por fluencia, bajo unas condiciones de 650°C de temperatura y 196 MP de presión, correspondientes al deseado nivel de resistencia de base del metal, de 3000 horas; en cuanto a lo referente a los aceros A2, B2, los cuales tenían unos mayores contenidos de Cr y de Ni, y que tenían así mismo un nivel más alto de resistencia a la fluencia; los especímenes de ensayo de la fluencia, se sometieron a una rotura por fluencia, bajo unas condiciones
- 35 de 650°C de temperatura y de 216 MPa de presión, las cuales correspondían al deseado nivel de resistencia de base, del metal, de 3000 horas.
- Los resultados del anteriormente mencionado ensayo de rotura por fluencia, se muestran en la Tabla 3. El símbolo “o”, en la columna de la “ductilidad”, en la Tabla 3, indica el hecho de que, la reducción de área, después de la
- 40 rotura, no era inferior al 10%, mientras que, el símbolo “x”, indica el hecho de que, la reducción del área, después de la rotura, era inferior al 10%. El símbolo “o”, en la columna de “Resistencia a la fluencia”, indica el hecho de que, el tiempo de rotura, era superior a las 3000 horas.

Tabla 3

Ensayo nº	Acero	Ductilidad	Resistencia a la fluencia	Nota
1	A1	o	o	Ejemplo de la invención
2	A2	o	o	
3	* B1	x	o	Ejemplo comparativo
4	* B2	x	o	
La marca *, indica que se encuentra fuera de las condiciones reguladas mediante la presente invención				

5 Tal y como se muestra en la Tabla 3, en los Ensayos nºs 1 y 2, en los cuales los aceros A1 y A2, no tenían ningún caso de agrietamiento debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso, en el ensayo de envejecimiento del borde de soldadura, éstos son los que se utilizaron, respectivamente, y éstos son ejemplos en concordancia con la presente invención, en donde, cada área de reducción, después de la rotura, representa más de un 10% y además, cada tiempo de rotura, es largo, a saber, excediendo de las 3000 horas.

10 Por el contrario, en los ejemplos comparativos, es decir, en los Ensayo nºs 3 y 4, en los cuales, los aceros N1 y B2, los cuales tenían un valor del parámetro P1, el cual excedía de 0,06, y un valor del parámetro P2, el cual excedía de [1,7 – 10 x P1], y en los cuales había habido casos de agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso, en el ensayo de envejecimiento del borde soldado, éstos son los que se utilizaron, siendo reducida, cada área de reducción, después de la rotura, a saber, de menos de un 10%, si bien, cada tiempo de rotura, es largo, a saber, de más de 3000 horas.

15 A raíz de los anteriormente mencionados resultados de investigación, resulta evidente el hecho de que, la aparición de un agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, en una porción soldada, es decir, la susceptibilidad al agrietamiento, debido al debilitamiento del límite de grano, puede evaluarse en términos de la reducción de área, después la rotura en el ensayo de rotura por fluencia.

20 (Ejemplo 2)

25 Se procedió a fundir los aceros inoxidables austeníticos A3 a A13, B3 y B4, los cuales tenían las composiciones químicas que se muestran en la Tablas 4 y 5, mediante la utilización de un horno eléctrico y de un proceso de colada, para formar lingotes. Cada lingote, se procesó en caliente, mediante un proceso de forjado en caliente, y de laminado en caliente, y a continuación, se sometió a un tratamiento por calor, el cual comprendía el calentamiento a una temperatura de 1200°C, seguido de un enfriamiento por agua, y, a continuación, dada lingote, se sometió a un proceso de mecanización, para producir placas de acero, las cuales tenían un espesor de 20 mm, un espesor de 50 mm, y una longitud de 100 mm.

30 Los aceros A3 a A13, los cuales se muestran en las Tablas 4 y 5, son aceros que tienen unas composiciones químicas, las cuales se encuentran dentro del rango regulado por la presente invención. Por otro lado, los aceros B3 y B4, son aceros de los ejemplos comparativos, en los cuales, el valor del parámetro P2, se encuentra fuera de los rangos regulados por la presente invención.

35

Tabla 4

Acero	Composición química (% en masa) El equilibrio: Fe e impurezas															
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Co	Al sol.	B	N	Nb	V	Ti	S	P
A3	0.06	0.23	0.80	2.90	9.33	18.54	-	-	0.003	-	0.10	0.500	0.075	0.003	0.0010	0.026
A4	0.06	0.23	0.74	2.88	8.87	18.07	0.21	0.19	0.010	0.0041	0.11	0.520	0.067	0.004	0.0010	0.027
A5	0.06	0.24	0.78	2.87	8.73	18.36	0.22	0.16	0.011	0.0042	0.11	0.502	0.050	0.002	0.0005	0.033
A6	0.06	0.15	0.80	2.77	8.64	18.33	0.45	0.25	0.004	0.0043	0.10	0.489	0.050	-	0.0008	0.036
A7	0.06	0.21	0.82	2.96	8.72	18.39	0.37	0.17	0.007	0.0040	0.10	0.487	0.050	0.004	0.0005	0.032
A8	0.06	0.42	1.20	0.10	19.82	24.46	0.23	0.20	0.017	0.0015	0.26	0.440	0.048	0.005	0.0002	0.017
A9	0.06	0.37	1.15	0.09	19.85	24.91	0.07	0.38	0.004	0.0016	0.25	0.438	0.060	0.007	0.0003	0.017
A10	0.06	0.37	1.14	-	19.47	24.71	-	-	0.004	-	0.24	0.446	0.050	0.005	0.0003	0.018
A11	0.06	0.39	1.11	0.05	19.63	24.26	0.08	0.13	0.005	0.0018	0.24	0.413	0.020	-	0.0002	0.015
A12	0.06	0.36	1.13	0.07	19.53	24.81	0.08	0.26	0.004	0.0015	0.24	0.447	0.040	0.003	0.0005	0.014
A13	0.07	0.20	0.50	3.50	19.80	22.51	-	-	0.008	0.0020	0.26	0.450	0.020	-	0.0100	0.025
B3	0.06	0.22	0.81	2.96	9.04	18.65	0.35	0.13	0.008	0.0038	0.10	0.130	0.022	-	0.0005	0.021
B4	0.15	0.23	1.19	0.06	19.87	25.25	0.22	0.05	0.025	0.0001	0.25	0.010	0.065	0.003	0.0040	0.017

Tabla 5 (continuación de la Tabla 4)

Ace-ro	Composición química (% en masa) El equilibrio: Fe e impurezas						Val. de P1	Valor de [1,7-10xP1]	Valor de P2
	Sn	As	Pb	Zn	Sb	Otros			
A3	0,0400	-	-	-	-	-	0,03	1,36	0,66
A4	0,0170	-	-	-	-	Ca:0,001,Mg:0,0001	0,02	1,47	0,66
A5	0,0090	0,0040	0,0001	0,0010	-	Ca:0,004	0,02	1,47	0,61
A6	0,0050	0,0010	0,0004	0,0010	0,0005	Ca:0,001,W:0,1	0,02	1,48	0,59
A7	0,0050	0,0030	0,0005	-	-	Ca:0,003,Nd:0,0003,Ta:0,002	0,02	1,50	0,60
A8	0,0140	-	-	-	-	Ta:0,01	0,02	1,54	0,55
A9	0,0060	0,0010	0,0001	0,0010	-	Ta:0,002,Ca:0,0001,Mg:0,0001	0,01	1,58	0,57
A10	0,0040	0,0010	0,0004	0,0010	0,0003	-	0,01	1,58	0,56
A11	0,0040	0,0010	0,0003	0,0010	-	Ta:0,002,Ca:0,0002	0,01	1,60	0,45
A12	0,0010	0,0010	0,0004	0,0010	0,003	Ta:0,002;Nd:0,002;Ce:0,001	0,01	1,61	0,53
A13	0,0001	-	-	-	-	W:1,50	0,02	1,47	0,49
B3	0,0040	0,0010	-	-	-	Mg:0,0001	0,01	1,57	*0,18
B4	0,0020	-	-	-	-	Ta:0,002	0,01	1,57	*0,16

$P1 = S + \{(P+Sn)/2\} + \{(0,0010 As+Zn+Pb+Sb)/5\}$   
 $P2 = Nb + 2(V+Ti)$   
 La marca \* indica que se encuentra fuera de las condiciones reguladas por la presente invención

5 Se procedió a preparar especímenes de ensayo, de 12 mm x 12 mm x 100 mm de tamaño, a partir de la parte central, en la dirección del espesor, de cada una de las anteriormente mencionadas placas de acero, de este obtenidas, las cuales tenían un espesor de 20 mm, una anchura de 50 mm y una longitud de 100 mm. Los especímenes de ensayo anteriormente mencionados, arriba, se sometieron a ciclos térmicos simulados, en la zona HAZ, a una temperatura de 1350°C, durante 5 segundos, lo cual simulaba el ciclo térmico de la soldadura, en la zona HAZ de grano grueso. A continuación, se procedió a cortar especímenes de ensayo de la fluencia, de barras redondas aladas, con una porción embebida, expuesta a ciclos térmicos en la zona HAZ, simulados, que formaban la porción paralela, 6 mm en diámetro y 10 mm en longitud, de los anteriormente citados especímenes de ensayo. En cuanto a lo referente a los aceros A3 a A7, y B3, los especímenes de ensayo de fluencia, se sometieron a un ensayo de rotura por fluencia, bajo unas condiciones de 650°C de temperatura y 196 MP de presión, correspondientes al deseado nivel de resistencia de base del metal, de 3000 horas; en cuanto a lo referente a los aceros A13 y B14, los cuales tenían unos mayores contenidos de Cr y de Ni, y que tenían así mismo un mayor nivel de resistencia a la fluencia; los especímenes de ensayo de la fluencia, se sometieron a una rotura por fluencia, bajo unas condiciones de 650°C de temperatura y de 216 MPa de presión, las cuales correspondían al deseado nivel de resistencia de base, del metal, de 3000 horas.

20 Tal y como se ha mencionado anteriormente, en el "Ejemplo 1" arriba descrito, los aceros A1 y A2, cada reducción del área, después de la rotura de éstos, era de más de un 10%, en el ensayo de rotura por fluencia anteriormente mencionado, arriba y, éstos, no mostraban ninguna incidencia de agrietamiento, debido a un debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ de grano grueso. Así, por lo tanto, sólo los que habían tenido una reducción del área, de no más del 10%, después de la rotura, y un tiempo de rotura de 3000 horas, o mayor, se juzgaron como siendo capaces de llevar a cabo el objetivo de la presente invención, y así, por lo tanto, como "satisfactorios".

25 Los resultados del anteriormente mencionado ensayo de rotura por fluencia, se muestran en la Tabla 6. El símbolo "o", en la columna de la "ductilidad", indica el hecho de que, la reducción del área, después de la rotura, no era inferior al 10%. En la columna de la "resistencia a la fluencia", el símbolo "o", indica el hecho de que, el tiempo de rotura, era superior a la 3000 horas y, el símbolo "x", indica el hecho de que, el tiempo de rotura, era inferior a las 3000 horas.

Tabla 6

Ensayo nº	Acero	Ductilidad	Resistencia a la fluencia	Nota
5	A3	o	o	Ejemplo de la invención
6	A4	o	o	
7	A5	o	o	
8	A6	o	o	
9	A7	o	o	
10	A8	o	o	
11	A9	o	o	
12	A10	o	o	
13	A11	o	o	
14	A12	o	o	
15	A13	o	o	
16	* B3	o	x	Ejemplo comparativo
17	* B4	o	x	

La marca \*, indica que se encuentra fuera de las condiciones reguladas mediante la presente invención

5 Tal y como se muestra en la Tabla 6, en cada uno de los ejemplos de la presente invención, es decir, en los Ensayos n<sup>os</sup> 5 a 15, en los cuales, se utilizaron respectivamente los aceros A3 a A13, cada reducción de área, después de la rotura, es grande, a saber, de un porcentaje de no menos de un 10%, y el tiempo de rotura, es largo, a saber, de una duración de más de 3000 horas.

10 Por el contrario, en los ejemplos comparativos, es decir, en los ejemplos n<sup>os</sup> 16 y 17, en los cuales, los aceros B3 y B4, tienen un valor del parámetro P2 de menos de 0,2, son los que se utilizaron respectivamente, y en los cuales, cada resistencia a la fluencia, era reducida, con un tiempo de rotura más corto de las 3000 horas, si bien, cada reducción del área, después de la rotura, era grande, es decir, de no menos de un 10%.

15 A raíz de los anteriormente mencionados resultados de los “Ejemplo 1” y “Ejemplo 2”, resulta evidente el hecho de que, los aceros los cuales tienen la composición química, la cual se encuentra dentro del rango regulado por la presente invención, son aceros inoxidables austeníticos con una alta resistencia, y que son excelentes en cuanto a lo referente a resistencia al agrietamiento debido al debilitamiento del límite de grano, en la zona HAZ.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

20 Los aceros inoxidables austeníticos de la presente invención, tienen una alta resistencia, y una excelente resistencia al agrietamiento debido al debilitamiento del límite de grano, en la porción soldada, durante el uso a altas temperaturas. Así, por consiguiente, éstos pueden utilizarse como materiales para la construcción de máquinas y de equipos, tales como los consistentes en las calderas de plantas de producción de energía, los cuales pueden utilizarse durante un prolongado período de tiempo.

25

## REIVINDICACIONES

5 1.- Un acero inoxidable austenítico, el cual comprende, en porcentaje en masa, C: del 0,4 al 0,18%, Si: del 0,02 al 1,5 %; Mn: del 0,02 al 2,0%, Ni: del 6 al 30%, Cr: del 15 al 30%, N: del 0,03 al 0,35%, Al sol; uno o más elementos, seleccionados de entre Nb; no más de un 1,0 %; V: no más de un 0,5% y Ti: no más de un 0,5% y, opcionalmente, uno o más elementos de entre uno o más grupos, seleccionados de entre el primer al tercer grupo los cuales se encuentran listados abajo, siendo, el equilibrio, Fe e impurezas.

10 Primer grupo: Cu: no más de un 4%; Mo: no más de un 2%, W: no más de un 2%. Co: no más de un 1%, Ta: no más de un 0,1%, Zr: no más de un 0,1%, y Hf: no más de un 0,1%.

Segundo grupo: B: no más de un 0,012%; y

15 Tercer grupo: Ca: no más de un 0,02%, Mg: no más de un 0,02%, y un elemento de tierras raras: no más de un 0,1%,

en donde, los contenidos de P y de S, entre las impurezas, son, P: no más de un 0,04%, y S: no más de un 0,03%, y en donde, el valor de P1, definido por la fórmula (1), satisface la condición  $P1 \leq 0,06$ :

$$P1 = S + \{(P + Sn) / 2\} + \{(As + Zn + Pb + Sb) / 5\} \dots (1),$$

20 en donde, el símbolo de cada elemento, en la fórmula (1), representa el contenido, en porcentaje en masa, de los elementos concernidos, caracterizado por el hecho de que

Al sol: es del 0,0005 al 0,03%

25 los contenidos de Sn, As, Zn, Pb y Sb, entre las impurezas, son Sn: no más de un 0,1%, As: no más de un 0,01%, Zn: no más de un 0,01%, Pb: no más de un 0,01% y Sb; no más de un 0,01%, y el valor de P2, definido mediante la siguiente fórmula (1), satisface la condición  $0,2 \leq P2 \leq 1,7 - 10 \times P1$ :

$$P2 = Nb + 2(V + Ti) \dots (2),$$

30 en donde, el símbolo de cada elemento, en la fórmula (2), representa el contenido en masa del elemento concernido.

2.-El acero inoxidable austenítico, según la reivindicación 1, el cual comprende, en porcentaje en masa, C: del 0,05 al 0,15%, Si: del 0,02 al 1,0%, Ni: del 6 al 13%, Cr: del 15 al 25%, y N: del 0,03 al 0,15%, y el valor de P2, satisface la condición  $0,3 \leq P2 \leq 1,7 - 10 \times P1$ .

35 3.-El acero inoxidable austenítico, según la reivindicación 1, el cual comprende, en porcentaje en masa, Ni: desde más del 13% hasta no más del 30%, y N: del 0,10 al 0,35%, y el valor de P2, satisface la condición  $0,2 \leq P2 \leq 1,3 - 10 \times P1$ .