

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 264**

51 Int. Cl.:

**C22C 38/42** (2006.01)  
**C22C 38/44** (2006.01)  
**C22C 38/52** (2006.01)  
**C22C 38/54** (2006.01)  
**C22C 38/58** (2006.01)  
**C22C 38/00** (2006.01)  
**C21D 6/00** (2006.01)  
**C22C 38/02** (2006.01)  
**C22C 38/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.09.2013 PCT/FI2013/050940**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.04.2014 WO14049209**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.09.2013 E 13842730 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.03.2017 EP 2900840**

54 Título: **Acero inoxidable austenítico**

30 Prioridad:

**27.09.2012 FI 20120319**

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

**27.07.2017**

73 Titular/es:

**OUTOKUMPU, OYJ (100.0%)  
Riihitontuntie 7  
02200 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**KOSKENNISKA, JANNE**

74 Agente/Representante:

**GARCÍA-CABRERIZO Y DEL SANTO, Pedro**

ES 2 627 264 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 austenítico

- 5 La presente invención se refiere a un acero inoxidable austenítico que presenta una resistencia a la corrosión por picaduras y una robustez mejoradas con costes de fabricación menores respecto del acero inoxidable austenítico estandarizado del tipo 316L/1,4404.
- 10 El acero inoxidable austenítico estandarizado 316L/1,4404 contiene típicamente, en porcentaje de peso, 0,01-0,03% de carbono, 0,25-0,75% de silicio, 1-2% de manganeso, 16,8-17,8% de cromo, 10-10,5% de níquel, 2,0-2,3% de molibdeno, 0,2-0,64% de cobre, 0,10-0,40% de cobalto, 0,03-0,07% de nitrógeno y 0,002-0,0035% de boro, siendo el resto hierro e impurezas inevitables. La prueba de resistencia  $R_{p0,2}$  para el acero inoxidable austenítico estandarizado 316L/1,4404 es típicamente de 220-230 MPa y respectivamente  $R_{p1,0}$  260-270 MPa, mientras la resistencia a la tracción  $R_m$  es 520-530 MPa. Los valores típicos para los productos de bobina y lámina que tienen una superficie de acabado 2B son  $R_{p0,2}$  290 MPa,  $R_{p1,0}$  330 MPa y  $R_m$  600 MPa. Debido a que el níquel y el molibdeno son elementos costosos y al menos el precio del níquel es volátil, los costes de fabricación del acero inoxidable austenítico estandarizado 316L/1,4404 son elevados.
- 15
- 20 A partir de la solicitud de patente CN 101724789 se conoce un acero inoxidable austenítico que contiene, en % en peso, menos de 0,04% de carbono, 0,3-0,9% de silicio, 1-2% de manganeso, 16-22% de cromo, 8-14% de níquel, menos de 4% de molibdeno, 0,04-0,3% de nitrógeno, 0,001-0,003% de boro y menos de 0,3% de uno o más elementos de tierras raras cerio (Ce), disprosio (Dy), itrio (Y) y neodimio (Nd), siendo el resto hierro e impurezas inevitables. La aleación de esta solicitud de patente CN 101724789 es comparada con el 316L en el sentido de que la aleación tiene una buena dureza de moldeo y un límite elástico mejorado, mientras que la plasticidad y la corrosión por picaduras se mantienen al mismo nivel. Sin embargo, la solicitud de patente CN 101724789 no dice nada acerca de los costes de fabricación.
- 25
- 30 La solicitud de patente JP 2006-291296 describe un acero inoxidable austenítico que contiene, en porcentaje de peso, menos de 0,03% de carbono, menos de 1,0% de silicio, menos de 5% de manganeso, 15-20% de cromo, 5-15% de níquel, menos de 3% de molibdeno, menos de 0,03% de nitrógeno, 0,0001-0,01% de boro, y satisface la temperatura  $M_{d30}$  estando entre -60 °C y -10 °C y el valor de SFI (índice de dificultad de defecto de apilamiento)  $\geq 30$ , valores que son calculados usando las fórmulas para  $M_{d30} = 551-462(C+N)-9,2Si-8,1Mn-29(Ni+Cu)-13,7Cr-18,5Mo$  y para  $SFI = 2,2Ni+6Cu-1,1Cr-13Si-1,2Mn+32$ . La solicitud de patente JP 2006-291296 menciona el níquel como un elemento costoso, siendo preferiblemente un contenido máximo de 13 % en peso.
- 35
- 40 La publicación WO 2009/082501 describe un acero inoxidable austenítico que contiene, en porcentaje de peso, hasta 0,08% de C, 3,0-6,0% de Mn, hasta 2,0% de Si, 17,0-23,0% de Cr, 5,0-7,0% de Ni, 0,5-3,0% de Mo, hasta 1,0% de Cu, 0,14-0,35% de N, hasta 4,0% de W, hasta 0,008% de B, hasta 1,0% de Co, siendo el resto hierro e impurezas incidentales. La publicación WO 2011/053460 se refiere a un acero inoxidable austenítico similar que contiene, en porcentaje de peso, hasta 0,20% de C, 2,0 a 9,0% de Mn, hasta 2,0% de Si, 15,0 a 23,0% de Cr, 1,0 a 9,5% de Ni, hasta 3,0% de Mo, hasta 3,0% de Cu, 0,05 a 0,35% de N,  $(7,5(\%C) < (\%Nb + \%Ti + \%V + \%Ta + \%Zr) < 1,5$ , siendo el resto hierro e impurezas incidentales. Estos aceros inoxidables austeníticos contienen más de 2% en peso de manganeso, lo cual no es típico para aceros inoxidables austeníticos de la serie 300. Este alto contenido de manganeso también causa problemas en la circulación de la chatarra de acero porque el acero circulado que tiene un alto contenido de manganeso no conserva el valor en el coste de la materia prima.
- 45
- 50 La patente GB 1,365,773 se refiere a un acero inoxidable austenítico capaz de soportar grandes cargas sostenidas a temperaturas elevadas, esto es, un acero inoxidable austenítico con propiedades mejoradas de resistencia a la fluencia. Las propiedades de resistencia a la fluencia pueden ser mejoradas considerablemente si se introducen vanadio y nitrógeno en el acero en ciertas proporciones conjuntamente con boro. El contenido de vanadio (V) en % peso es de 3 a 4 veces el contenido del nitrógeno (N). En este caso, una fase de nitruro finamente dispersada se precipita en la matriz austenítica que comprende principalmente el nitruro de vanadio sencillo (VN). Se ha descubierto que esta fase de nitruro fortalece la resistencia a la fluencia de los granos de austenita muy considerablemente. La patente GB 1,365,773 también menciona que el níquel y posiblemente el manganeso deberán estar presentes en el acero de forma que conjuntamente sean capaces de asegurar una estructura austenítica pura en la matriz. Sobre la base de esto, si el contenido de manganeso está por debajo del 3% en peso el contenido de níquel debe aumentarse para garantizar la estabilidad de la estructura austenítica en la matriz. El contenido de níquel debe por lo tanto ser de cuando menos 8% en peso y adecuadamente cuando menos 12% en peso.
- 55
- 60
- 65 El objeto de la presente invención es eliminar algunas desventajas de la técnica anterior y conseguir un acero inoxidable austenítico mejorado cuyos costes de fabricación sean más bajos debido a que los elementos de precio elevado son sustituidos parcialmente por elementos de bajo precio sin disminuir, o incluso mejorando, las propiedades tales como la resistencia a la corrosión por picaduras y la robustez. Las características esenciales de la presente invención se incluyen en las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención se refiere a un acero inoxidable austenítico que contiene, en % en peso, 0,01-0,03% de carbono (C), 0,2-0,6% de silicio (Si), 1,0-2,0% de manganeso (Mn), 19,0-21,0% de cromo (Cr), 7,5-9,5% de níquel (Ni), 0,4-1,4% de molibdeno (Mo), 0,2-1,0% de cobre (Cu), 0,10-0,25% de nitrógeno (N), menos de 1,0% de cobalto, menos de 0,006% de boro (B), siendo el resto hierro (Fe) e impurezas inevitables.

5 Cuando se compara el acero inoxidable austenítico de la invención con el acero inoxidable austenítico tipo 316L/1,4404, el contenido de cromo de acuerdo con la invención es mayor sustituyendo al menos parcialmente el molibdeno, así como también el contenido de nitrógeno es mayor sustituyendo al menos parcialmente el molibdeno y el níquel. A pesar de estas sustituciones la proporción  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  entre el equivalente de cromo y el equivalente de níquel se mantiene esencialmente a un nivel similar o más bajo cuando se compara con la relación  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  en el  
 10 acero inoxidable austenítico tipo 316L/1,4404 de referencia. El contenido de delta ferrita ( $\delta$ -ferrita) se mantiene entre 2-9% después del recocido a alta temperatura y el enfriamiento rápido así como también en una estructura de solidificación después de la soldadura. Esta característica disminuye los problemas relacionados con el trabajo en caliente y la soldadura, es decir, el agrietamiento por calor. La prueba de resistencia  $R_{p0,2}$  para el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la invención es típicamente 320 - 450 MPa y respectivamente  $R_{p1,0}$  370 - 500 MPa, mientras que la resistencia a la tracción  $R_m$  es 630-800 MPa. De este modo, los valores de resistencia son aproximadamente 70 - 170 MPa más altos que la resistencia del acero inoxidable austenítico del tipo 316L/1,4404. Además, el acero inoxidable austenítico de la invención tiene un valor PREN mayor a 24, y la proporción  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  en el acero es inferior a 1,60 así como también el acero tiene un valor  $M_{d30}$  de menos de  $-80^{\circ}C$ .

20 Los efectos y los contenidos en % en peso de los elementos para el acero inoxidable austenítico de la invención se describen a continuación:

El carbono (C) es un valioso elemento formador de austenita y un elemento estabilizador de la austenita. El carbono se puede agregar hasta el 0,03% pero niveles más altos tienen una influencia perjudicial sobre la resistencia a la corrosión. El contenido de carbono no deberá ser inferior al 0,01%. Limitar el contenido de carbono a niveles bajos de carbono también aumenta la necesidad de otros formadores de austenita y estabilizadores de austenita que son costosos.

30 Se añade silicio (Si) a los aceros inoxidables con propósito de desoxidación en la acería y no debe estar por debajo del 0,2%, preferiblemente al menos 0,25%. El silicio es un elemento formador de ferrita, pero tiene un efecto estabilizador más fuerte en la estabilidad de la austenita en contra de la formación de martensita. El contenido de silicio debe limitarse a un nivel inferior a 0,6%, preferiblemente inferior a 0,55%.

35 El manganeso (Mn) es un aditivo importante para asegurar la estructura estable del cristal austenítico, también en contra de la deformación de la martensita. El manganeso también aumenta la solubilidad del nitrógeno con el acero. Sin embargo, contenidos demasiado altos de manganeso reducirán la resistencia a la corrosión y la capacidad de trabajo en caliente. De este modo, el contenido de manganeso deberá estar en el rango de 1,0-2,0%, preferiblemente 1,6-2,0%.

40 El cromo (Cr) es responsable de asegurar la resistencia a la corrosión del acero inoxidable. El cromo es un elemento formador de ferrita, pero el cromo es también la adición principal para crear un equilibrio de fase apropiado entre la austenita y la ferrita. Al aumentar el contenido de cromo se aumenta la necesidad de formadores de austenita costosos como el níquel y el manganeso o se requiere de altos contenidos de nitrógeno y carbono que no son prácticos. Un mayor contenido de cromo también aumenta la solubilidad del nitrógeno benéfico para la fase austenítica. De este modo, el contenido de cromo deberá estar en el intervalo de 19 - 21%, preferiblemente 19,5-20,5%.

50 El níquel (Ni) es un fuerte estabilizador de la austenita y mejora la ductilidad y la tenacidad. Sin embargo, el níquel es un elemento costoso y, por lo tanto, con el fin de mantener la rentabilidad del acero inventado el límite superior para la aleación de níquel deberá ser del 9,5%, preferiblemente del 9,0%. Al tener una gran influencia en la estabilidad de la austenita contra la formación de martensita, el níquel tiene que estar presente en un intervalo estrecho. Por lo tanto, el límite inferior para el contenido de níquel es del 7,5%, preferiblemente del 8,0%.

55 El cobre (Cu) puede ser usado como un sustituto más barato que el níquel como formador de austenita y estabilizador de austenita. El cobre es un estabilizador débil de la fase de austenita pero tiene un fuerte efecto en la resistencia a la formación de martensita. El cobre mejora la ductilidad al reducir la energía de falla de apilamiento y mejora la resistencia a la corrosión en ciertos ambientes. Si el contenido de cobre es mayor de 3,0%, se reduce la capacidad de trabajo en caliente. En la presente invención el contenido de cobre varía entre 0,2-1,0%, preferiblemente entre 0,3-0,6%.

60 El cobalto (Co) estabiliza la austenita y es un sustituto del níquel. El cobalto también aumenta la resistencia. El cobalto es muy caro y por lo tanto su uso es limitado. Si se agrega cobalto, el límite máximo es 1,0%, preferiblemente menos de 0,4%, y el rango es preferiblemente 0,1-0,3%, cuando el cobalto proviene naturalmente de chatarra reciclada y/o con aleación de níquel.

65 El nitrógeno (N) es un fuerte formador y estabilizador de austenita. Por tanto, la aleación de nitrógeno mejora la rentabilidad del acero inventado al permitir un menor uso de níquel, cobre y manganeso. El nitrógeno mejora la

## ES 2 627 264 T3

resistencia a la corrosión por picaduras de manera muy efectiva, especialmente cuando se alea junto con el molibdeno.

5 Con el fin de asegurar un uso razonablemente bajo de los elementos de aleación mencionados anteriormente, el contenido de nitrógeno debe ser de al menos 0,1%. Los altos contenidos de nitrógeno aumentan la resistencia del acero y, por lo tanto, dificultan las operaciones de conformado. Además, el riesgo de precipitación de nitruros aumenta con el aumento del contenido de nitrógeno. Por estas razones, el contenido de nitrógeno no deberá exceder el 0,25% y el contenido estará preferiblemente en el intervalo de 0,13-0,20%.

10 El molibdeno (Mo) es un elemento que mejora la resistencia a la corrosión del acero al modificar la película pasiva. El molibdeno aumenta la resistencia a la formación de martensita. El menor contenido de molibdeno disminuye la probabilidad de que se formen fases intermetálicas, tales como la sigma, cuando el acero se expone a altas temperaturas. Altos niveles de Mo (>3,0%) disminuyen la capacidad de trabajo en caliente y pueden aumentar la solidificación de delta ferrita ( $\delta$ -ferrita) a un nivel perjudicial. Sin embargo, debido al alto coste, el contenido de Mo del acero debe estar en el rango de 0,4-1,4% preferiblemente 0,5-1,0%.

15 El boro (B) puede ser usado para mejorar la capacidad de trabajo en caliente y mejorar la calidad de la superficie. Las adiciones de boro de más de 0,01% pueden ser perjudiciales para la capacidad de trabajo y la resistencia a la corrosión del acero. El acero inoxidable austenítico presentado en esta invención tiene boro opcionalmente menos de 0,006%, preferiblemente menos de 0,004%.

20 Las propiedades del acero inoxidable austenítico de acuerdo con la invención se ensayaron con las composiciones químicas de la Tabla 1 para las aleaciones A, B, C, D, E, F, G, H, I y J. Las aleaciones de acero A a I fueron hechas a escala de laboratorio con placas de fundición de 65 kg laminadas hasta un espesor de banda en caliente de 5 mm y laminadas posteriormente en frío hasta un grosor final de 2,2 o 1,5 mm. La aleación de acero J fue hecha a escala completa a través de una ruta de producción de acero inoxidable muy conocida que consiste en un EAF (Electric Arc Furnace, Horno de Arco Eléctrico) -convertidor AOD (Argon Oxygen Decarburization, Descarburación por Oxígeno y Argón) tratamiento en cuchara - fundición continua - laminado en caliente y laminado en frío. El grosor de la banda laminada en caliente era de 5 mm y el grosor final del laminado en frío era de 1,5 mm. La Tabla 1 también contiene la composición química del acero inoxidable austenítico del tipo 316L/1,4404 (316L) que se utilizó como referencia.

25 E, F, G, H, I y J. Las aleaciones de acero A a I se hicieron a escala de laboratorio con placas de fundición de 65 kg laminadas hasta un espesor de banda en caliente de 5 mm y laminadas posteriormente en frío hasta un grosor final de 2,2 o 1,5 mm. La aleación de acero J se fabricó a escala completa a través de una ruta de producción de acero inoxidable muy conocida que consiste en un EAF (Electric Arc Furnace, Horno de Arco Eléctrico) -convertidor AOD (Argon Oxygen Decarburization, Descarburación por Oxígeno y Argón) tratamiento en cuchara - fundición continua - laminado en caliente y laminado en frío. El grosor de la banda laminada en caliente era de 5 mm y el grosor final del laminado en frío era de 1,5 mm. La Tabla 1 contiene también la composición química del acero inoxidable austenítico de tipo 316L / 1,4404 (316L) que se utilizó como referencia.

40

Acero	C%	Si%	Mn%	Cr%	Ni%	Mo%	Cu%	N%	Co %
A	0,028	0,43	1,81	19,8	8,5	0,99	0,52	0,148	0,01
B	0,027	0,40	1,79	20,2	8,0	0,88	0,49	0,183	0,01
C	0,028	0,44	1,81	20,5	8,5	0,78	0,52	0,201	0,01
D	0,024	0,44	3,75	20,7	7,1	0,69	0,52	0,202	0,01
E	0,022	0,44	1,77	20,1	8,5	0,78	0,52	0,180	0,25
F	0,021	0,42	1,82	20,2	8,6	0,68	0,51	0,204	0,25
G	0,017	0,47	1,76	20,3	8,6	0,59	0,50	0,222	0,01
H*	0,019	0,44	1,78	20,5	8,1	0,49	0,52	0,252	0,25
I	0,022	0,42	1,81	20,2	8,2	0,54	0,51	0,216	0,20
J	0,018	0,53	1,81	20,3	8,7	0,71	0,48	0,207	0,13
316L	0,017	0,48	1,78	17,0	10,1	2,03	0,39	0,047	0,24

Tabla 1 \*fuera de la invención

45 Para las composiciones químicas A, B, C, D, E, F, G, H, I, J y 316L de la Tabla 1 el equivalente del cromo ( $Cr_{eq}$ ) y el equivalente del níquel ( $Ni_{eq}$ ) fueron calculados usando las siguientes fórmulas (1) y (2):

$$Cr_{eq} = \%Cr + \%Mo + 1,5x\%Si + 2,0\%Ti + 0,5x\%Nb \quad (1)$$

$$Ni_{eq} = \%Ni + 0,5x\%Mn + 30x(\%C+\%N) + 0,5\%Cu + 0,5\%Co \quad (2)$$

5 El número equivalente de resistencia a picaduras (PREN) se calcula usando la fórmula (4):

$$PREN = \%Cr + 3.3x\%Mo + 30x\%N \quad (4)$$

10 En la Tabla 2 se presentan los resultados del equivalente de cromo ( $Cr_{eq}$ ), el equivalente de níquel ( $Ni_{eq}$ ), la proporción  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$ , la temperatura  $Md_{30}$  ( $Md_{30}$ ) y el número equivalente de resistencia a picaduras (PREN).

Tabla 2

Acero	$Cr_{eq}$	$Ni_{eq}$	$Cr_{eq}/Ni_{eq}$	$Md_{30}$ °C	PREN
A	21,44	14,95	1,43	-100,1	27,5
B	21,71	15,45	1,41	-103,9	28,6
C	21,94	15,84	1,39	-110,1	29,1
D	22,05	16,02	1,38	-105,2	29,0
E	21,54	15,78	1,37	-111,0	28,1
F	21,51	16,64	1,29	-125,4	28,6
G	21,60	16,91	1,28	-131,3	28,9
H	21,65	17,51	1,24	-132,9	29,7
I	21,37	16,60	1,29	-117,1	28,5
J	21,81	16,66	1,31	-130,0	28,9
316L	19,78	13,23	1,50	-76,2	25,1

15 Los resultados de la Tabla 2 muestran que el número equivalente de resistencia a picaduras (PREN) es mayor, en el intervalo de 27,0 - 29,5, para el acero inoxidable austenítico de la invención que para el acero inoxidable de referencia 316L (25,1). La proporción  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  en el rango de 1,20-1,45 es menor para los aceros A-J de la invención que para el acero inoxidable de referencia 316L (1,50), lo que indica que el coeficiente de nitrógeno en el equivalente del níquel tiene un fuerte efecto en el equilibrio de fase y puede de este modo ser muy útil para permitir la aleación a costes asequibles. La temperatura  $Md_{30}$  es menor a -100,1 °C para cada acero inoxidable austenítico de la invención en la Tabla 2 y también inferior a la temperatura  $Md_{30}$  para el acero de referencia 316L y de este modo se mejora la estabilidad de la austenita frente a la transformación de martensita en el acero inoxidable austenítico de la invención.

25 Los contenidos de ferrita medidos en las condiciones de laminado en frío y recocido para el acero A-J se muestran en la Tabla 3, que muestra que el acero de la invención y el acero inoxidable austenítico 316L de referencia tienen esencialmente la misma cantidad de ferrita en la microestructura final.

30 Tabla 3 \*El límite mínimo de detección para el dispositivo de medición fue del 0,10%

Acero	Contenido de ferrita promedio [%]*	Acero	Contenido de ferrita promedio [%]*
A	0,73	G	<0,10
B	0,46	H	<0,10
C	1,16	I	<0,10
D	4,50	J	<0,10
E	0,30	316L	0,32
F	<0,10		

35 Se determinaron las pruebas de resistencia  $R_{p0.2}$  y  $R_{p1.0}$  así como la resistencia a la tracción  $R_m$  para los aceros inoxidables austeníticos A-J de acuerdo con la invención y se presentan en la Tabla 4 con los respectivos valores del acero inoxidable austenítico 316L estandarizado como referencia.

Tabla 4

Acero	R <sub>p0,2</sub> MPa	R <sub>p1,0</sub> MPa	R <sub>m</sub> MPa
A	352	406	668
B	372	421	686
C	394	448	680
D	397	452	697
E	372	414	688
F	396	438	720
G	409	449	733
H	421	465	747
I	414	455	723
J	383	402	727
316L estándar	170	-	485
316L típico	260	285	600

- 5 Tal y como se muestra en la Tabla 4 las resistencias determinadas para el acero inoxidable austenítico de la presente invención son aproximadamente 70-170 MPa más altas que las respectivas resistencias para el acero inoxidable austenítico 316L de referencia. Además, el acero inoxidable austenítico de acuerdo con la presente invención es esencialmente laminado de manera más fácil en condiciones templadas de laminado.
- 10 El acero inoxidable austenítico presentado en esta invención tiene el mismo nivel de ductilidad que el material de referencia 316L, aun cuando la resistencia es notablemente mayor. En la Tabla 5 se presentan los resultados de las pruebas de ductilidad y se expresa una LDR (Limiting Drawing Ratio, Relación Límite de Embutibilidad) y un índice de Erichsen. La relación límite de embutibilidad se define como la relación del diámetro máximo en bruto que se puede extraer sin peligro a una copa sin brida al diámetro del punzón. El LDR es determinado con un punzón de cabeza plana de 50 mm y una de fuerza de retención de 25 kN. La prueba de copa de Erichsen es una prueba de ductilidad, la cual se emplea para evaluar la capacidad de láminas y tiras metálicas para someterse a la deformación plástica en la formación por estiramiento. La prueba consiste en formar una hendidura presionando un punzón con un extremo esférico contra una pieza de ensayo sujeta entre un soporte de pieza en bruto y una matriz, hasta que aparezca una grieta. Se mide la profundidad de la copa. El índice de Erichsen es un valor promedio de 5 pruebas.

20

Tabla 5

Acero	Grosor [mm]	LDR	Índice Erichsen
A	2,2	2,10	13,7
B	2,2	2,16	13,7
C	2,2	2,10	13,1
D	2,2	2,00	13,3
E	1,5	2,10	12,0
F	1,5	2,00	12,1
G	1,5	2,10	11,7
H	1,5	2,10	11,7
I	1,5	2,10	12,3
J	1,5	2,18	11,8
316L	1,5	2,10	12,3

- 25 La aleación de nitrógeno con un alto contenido de cromo y un contenido reducido de molibdeno en el acero inoxidable austenítico presentado en esta invención da lugar a una resistencia a la corrosión por picaduras notablemente superior cuando se compara con el material de referencia 316L. Los resultados se presentan en la Tabla 6. Las pruebas de corrosión por picaduras fueron hechas a la superficie de especímenes molidos con una celda Avesta en una solución de 1M de NaCl a una temperatura de 35 °C.

30

Tabla 6

Acero	Potencial de rompimiento Eb [mV]	Acero	Potencial de rompimiento Eb [mV]
A	390	G	653
B	448	H	871
C	473	I	736
D	412	J	727
E	694	316L	309
F	808		

- 5 Los resultados en la Tabla 6 muestran que el potencial de rompimiento, esto es, el potencial más bajo al que se produce corrosión por picaduras, es mucho mayor para el acero inoxidable austenítico (Aceros A - J) de la invención que para el material de referencia 316L.

10

## REIVINDICACIONES

- 5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55
1. Acero inoxidable austenítico con resistencia a la corrosión por picaduras y robustez mejoradas, **caracterizado porque** el acero contiene, en % de peso, 0,01-0,03% de carbono (C), 0,2-0,6% de silicio (Si), 1,0-2,0% de manganeso (Mn), 19,0-21,0% de cromo (Cr), 7,5-9,5% de níquel (Ni), 0,4-1,4% de molibdeno (Mo), 0,2-1,0% de cobre (Cu), 0,10-0,25% de nitrógeno (N), menos de 1,0% de cobalto (Co), menos de 0,006% de boro (B) y siendo el resto hierro (Fe) e impurezas inevitables; y porque el acero tiene valores de prueba de resistencia  $R_{p0,2}$  320-450 MPa y de prueba de resistencia  $R_{p1,0}$  370-500 MPa, y la resistencia a la tracción  $R_m$  es 630-800 MPa y el número equivalente (PREN) es mayor que 24.
  2. Acero inoxidable austenítico según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el acero contiene 0,25-0,55% en peso de silicio.
  3. Acero inoxidable austenítico según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el acero contiene 1,6-2,0% en peso de manganeso.
  4. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene 19,5-20,5% en peso de cromo.
  5. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores **caracterizado porque** el acero contiene 8,0-9,0% en peso de níquel.
  6. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene 0,5-1,0% en peso de molibdeno.
  7. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene 0,3-0,6% en peso de cobre.
  8. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene 0,13-0,20% en peso de nitrógeno.
  9. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene menos de 0,4% en peso de cobalto.
  10. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero contiene menos de 0,004% en peso de boro.
  11. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero tiene una proporción  $Cr_{eq}/Ni_{eq}$  inferior a 1,60.
  12. Acero inoxidable austenítico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el acero tiene una temperatura  $M_{d30}$  inferior a  $-80^{\circ}C$ .