

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 728 229**

51 Int. Cl.:

C22C 38/02	(2006.01)	C22C 38/42	(2006.01)
C22C 38/04	(2006.01)	C22C 38/44	(2006.01)
C22C 38/20	(2006.01)	C22C 38/46	(2006.01)
C22C 38/24	(2006.01)	C22C 38/48	(2006.01)
C22C 38/26	(2006.01)	C22C 38/50	(2006.01)
C22C 38/28	(2006.01)	C22C 38/54	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)		
C21D 8/02	(2006.01)		
C22C 38/00	(2006.01)		
C22C 38/06	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2013 PCT/US2013/056999**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.03.2014 WO14036091**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2013 E 13759947 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2890825**

54 Título: **Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la oxidación, buena resistencia a altas temperaturas y buena conformabilidad**

30 Prioridad:

31.08.2012 US 201261695771 P
15.03.2013 US 201313837500

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2019

73 Titular/es:

AK STEEL PROPERTIES, INC. (100.0%)
9227 Centre Pointe Drive
West Chester, OH 45069, US

72 Inventor/es:

YOSHITAKE, EIZO

74 Agente/Representante:

SUGRAÑES MOLINÉ, Pedro

ES 2 728 229 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Acero inoxidable ferrítico con excelente resistencia a la oxidación, buena resistencia a altas temperaturas y buena conformabilidad

5 La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional con número de serie 61/695.771, titulada "Ferritic Stainless Steels with Excellent Oxidation Resistance with Good High Temperature Strength and Good Formability," presentada el 31 de agosto de 2012 y la solicitud no provisional de patente con número de serie 13/837.500, titulada "Ferritic Stainless Steel with Excellent Oxidation Resistance, Good High Temperature Strength, and Good Formability," presentada el 15 de marzo de 2013.

Antecedentes

15 Resulta deseable producir un acero inoxidable ferrítico con resistencia a la oxidación, resistencia a altas temperaturas y buenas características de conformabilidad. Se añade columbio y cobre en cantidades para proporcionar una resistencia a altas temperaturas y se añade silicio y manganeso en cantidades para proporcionar resistencia a la oxidación. El presente acero inoxidable ferrítico proporciona una mejor resistencia a la oxidación que los conocidos aceros inoxidables tales como 18Cr-2Mo y 15Cr-Cb-Ti-Si-Mn. Además, el presente acero inoxidable ferrítico es menos caro de fabricar que otros aceros inoxidables tales como 18Cr-2Mo y se puede producir sin una atapa de recocido de bandas en caliente.

20 El documento WO2012/036313 A1 desvela una plancha de acero inoxidable tipo ferrita resistente al calor que se usa en componentes de sistemas de escape.

25 Sumario

El presente acero inoxidable ferrítico se produce con adiciones de titanio y baja concentración de aluminio para proporcionar conformabilidad a temperatura ambiente a partir de estructuras de granos en bruto de colada equiaxiales, tal como se divulga en las Patentes de Estados Unidos n.º 6.855.213 y 5.868.875. Se añade columbio y cobre al acero inoxidable ferrítico para una resistencia a altas temperaturas y silicio y manganeso para mejorar la resistencia a la oxidación.

Descripción detallada

35 El acero inoxidable ferrítico se produce usando condiciones de proceso conocidas en la técnica para su uso en la fabricación de aceros inoxidables ferríticos, tales como los procesos descritos en las patentes de Estados Unidos números 6.855.213 y 5.868.875. Se añade columbio y cobre al acero inoxidable ferrítico para una resistencia a altas temperaturas y silicio y manganeso para mejorar la resistencia a la oxidación. Se puede producir a partir de un material que tiene una estructura en bruto de colada de granos equiaxiales finos.

40 Se proporciona una fusión ferrosa para el acero inoxidable ferrítico en un horno de fusión tal como un horno en arco eléctrico. Esta fusión ferrosa puede formarse en el horno de fusión a partir de escoria que porta hierro sólido, escoria de acero al carbono, escoria de acero inoxidable, materiales que contienen hierro sólido que incluyen óxidos de hierro, carburo de hierro, hierro reducido directo, briquetas de hierro en caliente o la fusión se puede producir corriente arriba del horno de fusión en un alto horno o cualquier otra unidad de fusión de hierro capaz de proporcionar una fusión ferrosa. La fusión ferrosa puede entonces refinarse en el horno de fusión o transferirse a un recipiente de refinación tal como un recipiente de descarburación de oxígeno-argón o un recipiente de descarburación de oxígeno al vacío, seguido por una estación de recortadura tal como un caldero de colada metalúrgico o una estación de alimentación de hilos.

50 En algunas realizaciones, el acero se cola a partir de una fusión que contiene suficiente titanio y nitrógeno pero una cantidad controlada de aluminio para conformar pequeñas inclusiones de óxido de titanio para proporcionar los núcleos necesarios para conformar la estructura de granos en bruto de colada de modo que una chapa recocida producida a partir de este acero también tiene características de formación de estrías y conformabilidad mejoradas.

55 En algunas realizaciones, se añade titanio a la fusión para su desoxidación antes de su colada. La desoxidación de la fusión con titanio conforma pequeñas inclusiones de óxido de titanio que proporciona los núcleos que dan como resultado una estructura de granos finos equiaxial en bruto de colada. Para minimizar la formación de inclusiones de aluminio, es decir, óxido de aluminio, Al_2O_3 , en algunas realizaciones se puede no añadir aluminio a esta fusión refinada como desoxidante y, en otras realizaciones, el aluminio se puede añadir a esta fusión refinada en una pequeña fracción. En la presente invención, el titanio y nitrógeno están presentes en la fusión antes de la colada de modo que la relación del producto de titanio y nitrógeno dividido por el aluminio residual es al menos de 0,14.

65 Si se debe estabilizar el acero, se puede añadir una cantidad suficiente del titanio más allá de la requerida para la desoxidación para combinarse con carbono y nitrógeno en la fusión pero preferentemente menos de la requerida para saturación con nitrógeno, es decir, en una cantidad de sub-equilibrio, evitando, de este modo, o al menos

minimizando la precipitación de grandes inclusiones de nitruro de titanio antes de su solidificación. La cantidad máxima de titanio para el "sub-equilibrio" se ilustra, en general, en la FIG. 4 de la Patente de Estados Unidos n.º 4.964.926, En algunas realizaciones, uno o más agentes estabilizantes tales como columbio, circonio, tántalo y vanadio se pueden añadir a la fusión también.

5 El acero colado se procesa en caliente en una chapa. Para la presente divulgación, el término "chapa" se refiere para incluir una tira continua o longitudes de cortes formadas a partir de una tira continua y el término "procesado en caliente" se refiere a que el acero en bruto de colada se recalientará, si es necesario y, a continuación, se reducirá a un espesor predeterminado tal como laminación en caliente. Si se lamina en caliente, la plancha de acero se
10 recalienta de 1093° a 1288 °C (2000° - 2350 °F), se lamina en caliente usando una temperatura de terminación de 816 - 982 °C (1500 - 1800 °F) y se bobina a una temperatura de 538 - 760 °C (1000 - 1400 °F). La chapa laminada en caliente también se conoce como la "banda en caliente". En algunas realizaciones, la banda en caliente puede recocerse a una temperatura de metal máxima de 926 - 1149 °C (1700 - 2100 °F). En otras realizaciones, la chapa no se somete a una etapa de recocido de bandas en caliente. En algunas realizaciones, la banda en caliente puede
15 descalcificarse y reducirse en frío al menos al 40 % a un espesor de chapa final deseado. En otras realizaciones, la banda en caliente puede descalcificarse y reducirse en frío al menos al 50 % a un espesor de chapa final deseado. Posteriormente, la chapa reducida en frío puede recocerse a una temperatura de metal máxima de 982 - 1149 °C (1800 - 2100 °F).

20 El acero inoxidable ferrítico puede producirse a partir de una chapa procesada en caliente mediante un número de métodos. La chapa puede producirse a partir de planchas formadas a partir de lingotes o planchas de colada continua de espesor de 50-200 mm que se recalientan a 1093°-1288 °C (2000° a 2350 °F) seguido por laminación en caliente para proporcionar una chapa procesada en caliente de partida de 1 - 7 mm de espesor o la chapa puede procesar en caliente a partir de una tira continuamente colada a un espesor de 2 - 52 mm. El presente proceso es
25 aplicable a una chapa producida mediante métodos en los que planchas continuamente coladas o planchas producidas a partir de lingotes se alimentan directamente a un laminador en caliente con o sin recalentamiento significativo, o lingotes reducidos en caliente en planchas de suficiente temperatura para laminarse en caliente en una chapa o sin recalentamiento adicional.

30 Se usa titanio para la desoxidación de la fusión de acero inoxidable ferrítico antes de la colada. La cantidad de titanio en la fusión es del 0,30 % o inferior. A menos que se indique expresamente lo contrario, todas las concentraciones indicadas como "%" son porcentaje en peso. En algunas realizaciones, puede haber presente titanio en una cantidad de sub-equilibrio. Como se usa en el presente documento, el término "sub-equilibrio" se refiere a que la cantidad de titanio se controla de modo que el producto de solubilidad de los compuestos de titanio formados se encuentra por
35 debajo del nivel de saturación en la temperatura líquida del acero evitando, de este modo, la precipitación de nitruro de titanio excesiva en la fusión. Nitrógeno excesivo no es un problema para aquellos fabricantes que refinen fusiones de acero inoxidable ferrítico en un recipiente de descarburación de argón-oxígeno. Se puede obtener nitrógeno sustancialmente por debajo del 0,010 % cuando se refina el acero inoxidable en un recipiente de descarburación de argón-oxígeno permitiendo, de este modo, que se tolere una cantidad aumentada de titanio y aún se encuentre en sub-equilibrio.
40

Para proporcionar los sitios de nucleación necesarios para conformar granos de ferrita equiaxiales en bruto de colada, debe pasar un tiempo suficiente después de añadir el titanio a la fusión para permitir que las inclusiones de óxido de titanio se formen antes de someter a colada la fusión. Si la fusión se somete a colada inmediatamente
45 después de añadir el titanio, la estructura en bruto de colada de la colada puede incluir granos columnares más grandes. La cantidad de tiempo que debe transcurrir se puede determinar empíricamente por los expertos en la materia sin experimentación indebida. Los lingotes sometidos a colada en el laboratorio son menos de 5 minutos después de añadir el titanio a la fusión tenían grandes granos columnares en bruto de colada incluso cuando el producto del titanio y el nitrógeno dividido por el aluminio residual era de al menos 0,14.
50

Debe haber presente suficiente nitrógeno están presentes en el acero antes de la colada de modo que la relación del producto de titanio y nitrógeno dividido por el aluminio es al menos de 0,14. En la presente invención, la cantidad de nitrógeno presente en la fusión es de $\leq 0,020$ %.

55 Aunque las concentraciones de nitrógeno después de la fusión en un horno de arco eléctrico pueden ser tan altas como del 0,05 %, la cantidad de N disuelto puede reducirse durante refinamiento con gas de argón en un recipiente de descarburación de argón-oxígeno a menos del 0,02 %. La precipitación de TiN excesivo se puede evitar reduciendo la cantidad de sub-equilibrio de Ti a añadir a la fusión durante cualquier contenido de nitrógeno dado. Como alternativa, la cantidad de nitrógeno en la fusión se puede reducir en un recipiente de descarburación de argón-oxígeno para una cantidad anticipada de Ti contenido en la fusión.
60

El aluminio residual total puede controlarse o minimizarse con respecto a las cantidades de titanio y nitrógeno. Las cantidades mínimas de titanio y nitrógeno deben estar presentes en la fusión con respecto al aluminio. La relación del producto de titanio y nitrógeno dividido por el aluminio residual de al menos 0,14 y al menos 0,23 en algunas
65 realizaciones. Para minimizar las cantidades de titanio y nitrógeno requeridas en la fusión, la cantidad de aluminio es del $<0,020$ %. En algunas realizaciones, la cantidad de aluminio es del $\leq 0,013$ % y en otras realizaciones, se reduce

- al $\leq 0,010$ %. Si no se alea intencionadamente aluminio con la fusión durante el refinamiento o colada tal como desoxidación inmediatamente antes de la colada, debe controlarse o reducirse el aluminio total a menos del 0,020 %. Uno debe ser consciente de que el aluminio se puede añadir de forma inadvertida a la fusión como una impureza presente en una adición de aleación de otro elemento, por ejemplo, titanio. Las aleaciones de titanio pueden contener tanto como el 20 % de AL que puede contribuir al Al total de la fusión. Controlando cuidadosamente las prácticas de refinamiento y colada, se puede obtener una fusión que contiene el $< 0,020$ % de aluminio.
- Además del uso de titanio para la estabilización, otros elementos estabilizantes adecuados también pueden incluir columbio, vanadio o mezclas de los mismos. En algunas realizaciones, si se usa un segundo elemento estabilizante en combinación con titanio, por ejemplo, columbio o vanadio, este segundo elemento estabilizante puede limitarse al $\leq 0,50$ % cuando se requiere una capacidad de conformación profunda. La invención incluye columbio en concentraciones del 0,5 % o menos. Algunas realizaciones incluyen columbio en concentraciones de 0,28 - 0,43 %. Puede haber presente vanadio en cantidades inferiores al 0,5 %. Algunas realizaciones de los aceros inoxidables ferríticos incluyen el 0,008 - 0,098 % de vanadio.
- El cobre mejora la resistencia a altas temperaturas. Los aceros inoxidables ferríticos contienen del 1,0 - 2,0 % de cobre. Algunas realizaciones incluyen del 1,16-1,31 % de cobre.
- Hay presente silicio, en general, en los aceros inoxidables ferríticos en una cantidad del 1,0 - 1,7 %. En algunas realizaciones, hay presente silicio en una cantidad de 1,27 - 1,35 %. Hay presente, en general, una pequeña cantidad de silicio en un acero inoxidable ferrítico para promover la formación de la fase ferrítica. El silicio también potencia la resistencia a la oxidación de altas temperaturas y proporciona una resistencia a altas temperaturas. En la mayoría de las realizaciones, el silicio no supera aproximadamente el 1,7 % puesto que el acero puede volverse demasiado duro y el alargamiento puede verse negativamente afectada.
- Hay presente manganeso, en el acero inoxidable ferrítico en una cantidad del 0,4 - 1,5 %. En algunas realizaciones, hay presente manganeso en una cantidad de 0,97 - 1,00 %. El manganeso mejora la resistencia a la oxidación y resistencia al descascarillamiento a altas temperaturas. Por consiguiente, algunas realizaciones incluyen manganeso en cantidades de al menos el 0,4 %. Sin embargo, el manganeso es un formador de austenita y afecta la estabilización de la fase ferrítica. Si la cantidad de manganeso supera aproximadamente el 1,5 %, la estabilidad y conformabilidad del acero puede verse afectada.
- Hay presente carbono en el acero inoxidable ferrítico en una cantidad del hasta el 0,02 %. En algunas realizaciones, el contenido de carbono es de $\leq 0,02$ %. En otras realizaciones más, es del 0,0054-0,0133 %.
- Hay presente cromo en algunas realizaciones de los aceros inoxidables ferríticos en una cantidad del 15-20 %. Si el cromo es superior a aproximadamente el 25 %, la conformabilidad del acero se puede reducir.
- En algunas realizaciones, el oxígeno está presente en el acero en una cantidad de < 100 ppm. Cuando se prepara una fusión de acero secuencialmente en un recipiente de refinamiento de descarburación de argón-oxígeno y un recipiente de aleación de caldero de colada metalúrgico, el oxígeno en la fusión puede encontrarse dentro del intervalo de 10-60 ppm proporcionando, de este modo, un acero muy limpio que tiene pequeñas inclusiones de óxido de titanio que ayudan en la conformación de los sitios de nucleación responsables de la estructura de granos finos equiaxial en bruto de colada.
- Hay presente azufre en el acero inoxidable ferrítico en una cantidad de $\leq 0,01$ %.
- El fósforo puede deteriorar la conformabilidad en la laminación en caliente y puede provocar la corrosión por picaduras. Está presente en el acero inoxidable ferrítico en una cantidad de $\leq 0,05$ %.
- Como el manganeso, el níquel es un formador de austenita y afecta la estabilización de la fase ferrítica. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el níquel está limitado a $\leq 1,0$ %. En algunas realizaciones, el níquel está presente en cantidades de 0,13- 0,19 %.
- El molibdeno también mejora la resistencia a la corrosión. Algunas realizaciones incluyen el 3,0 % o menos de molibdeno. Algunas realizaciones incluyen del 0,03 - 0,049 % de molibdeno.
- Para algunas aplicaciones, puede ser deseable incluir boro en los aceros de la presente invención en una cantidad de $\leq 0,010$ %. En algunas realizaciones, hay presente boro en una cantidad de 0,0001 - 0,002 %. El boro puede mejorar la resistencia a fragilidad por acritud secundaria del acero de modo que la chapa de acero será menos probable que se separe durante aplicaciones de arrastre profundo y aplicaciones de conformación multietapa.
- En algunas realizaciones, los aceros inoxidables ferríticos también pueden incluir otros elementos conocidos en la técnica de la siderurgia que pueden estar presentes como elementos residuales, es decir, impurezas del proceso de siderurgia.

Ejemplo 1

Las realizaciones de los aceros inoxidables ferríticos y aceros de referencia comparativos se han realizado con las composiciones que se indican en la Tabla 1 a continuación.

5 Los materiales identificados como "Material de Lab." se procesaron con equipamiento de laboratorio según los siguientes parámetros. Cada lingote se recalentó a una temperatura de 1260 °C (2300 °F). Se laminó en caliente a un espesor de tira de 5,08 mm (0,200"). A continuación, se recoció en bandas en caliente a una temperatura de 1825-1975 °C (996 - 1079 °C). A continuación, se laminó en frío a un espesor de 2,0 - 2,5 mm (0,079 - 0,098"). La tira laminada en frío se recoció finalmente a una temperatura de 1029 - 1066 °C (1885 - 1950 °F).

10 Los materiales identificados como "Material de Planta" se procesaron con equipamiento de producción en la planta según los siguientes parámetros. Cada plancha se recalentó a una temperatura de 1245 - 1258 °C (2273 - 2296 °F). A continuación, se laminó en caliente a un espesor de tira de 5,08 - 4,57 mm (0,200 - 0,180"). Excepto donde se indica en los ejemplos siguientes, la tira laminada en caliente se recoció en bandas en caliente a continuación a una temperatura de 1066 - 1083 °C (1950 - 2000 °F). Después de la laminación en frío a 2,0 - 1,5 mm (0,079 - 0,059"), la tira se recoció finalmente a una temperatura de 1038 - 1093 °C (1900-2000 °F).

Tabla 1 Composiciones químicas en % en peso.

ID	Descripción	Al	B	C	Cb	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	Ti	V	Comentarios
V3924	Material de Lab.	,007	<,0005	,0090	,40	16,70	1,27	1,00	,048	,019	,16	,031	,0016	1,27	,14	,071	Invencción
V3925	Material de Lab.	,009	<,0005	,0054	,43	16,98	1,31	1,00	,049	,012	,16	,033	,0014	1,33	,21	,074	Invencción
V3926	Material de Lab.	,010	<,0005	,0077	,43	16,90	1,28	1,00	,048	,012	,16	,031	,0016	1,31	,25	,080	Invencción
V3929	Material de Lab.	,014	<,0005	,0094	,40	16,56	1,26	,98	,048	,014	,15	,030	,0015	1,28	,17	,073	Invencción
V3954	Material de Lab.	,006	,0020	,014	,30	16,99	1,27	,99	,048	,012	,14	,027	,0016	1,33	,16	,008	Invencción
V3955	Material de Lab.	,010	<,0005	,0085	,28	17,06	1,23	,99	,049	,0082	,14	,028	,0016	1,35	,16	,082	Invencción
V3956	Material de Lab.	,016	<,0005	,0089	,39	16,92	1,23	,99	,048	,0087	,14	,026	,0017	1,32	,17	,078	Invencción
V3957	Material de Lab.	,015	,0017	,0084	,41	16,90	1,28	,99	,048	,0084	,14	,026	,0016	1,32	,17	,075	Invencción
V3958	Material de Lab.	,016	,0017	,0090	,40	16,93	1,24	,99	,048	,0076	,14	,027	,0017	1,32	,16	,078	Invencción
V3959	Material de Lab.	,009	,0020	,0082	,31	17,35	1,27	,99	,049	,0077	,13	,026	,0018	1,31	,15	,078	Invencción
V3960	Material de Lab.	,007	,0007	,0085	,37	17,40	1,27	,99	,048	,0086	,14	,026	,0017	1,33	,16	,078	Invencción
V3961	Material de Lab.	,008	<,0005	,013	,29	16,95	1,28	,99	,048	,011	,14	,025	,0016	1,32	,16	,074	Invencción
V3962	Material de Lab.	,009	,0019	,0093	,30	16,93	1,28	,99	,048	,0082	,14	,026	,0016	1,33	,17	,078	Invencción
HT #920097	Material de planta	,010	,0001	,0114	,33	17,01	1,16	,98	,030	,009	,19	,026	,0015	1,30	,18	,098	Invencción
HT #930354	Material de planta	,007	,0009	,0133	,33	17,02	1,29	,97	,030	,0095	,15	,025	,0003	1,33	,15	,096	Invencción
V3918	Material de Lab.	,012	<,0005	,012	,44	16,78	1,28	,28	,048	,010	,16	,031	,0015	,58	,21	,076	Referencia
V3920	Material de Lab.	,012	<,0005	,011	,46	16,88	1,28	,28	,049	,010	,16	,031	,0017	,94	,25	,076	Referencia

(continuación)

ID	Descripción	Al	B	C	Cb	Cr	Cu	Mn	Mo	N	Ni	P	S	Si	Ti	V	Comentarios
V3921	Material de Lab.	,012	<,0005	,0081	,45	16,82	1,28	,28	,049	,010	,16	,030	,0015	1,34	,27	,078	Referencia
V3922	Material de Lab.	,009	<,0005	,0084	,32	16,86	1,28	,28	,048	,010	,16	,030	,0014	1,32	,27	,080	Referencia
HT #831187 (444)	Material de planta	,009	,0060	,010	,17	17,58	,09	,35	1,90	,0114	,23	,022	,0005	,44	,20	,066	Referencia
HT #830843 (15 Cr-Cb)	Material de planta	,010	,0002	,0086	,37	14,32	,08	1,01	,010	,0077	,14	,022	,0010	1,27	,25	,045	Referencia

Los materiales identificados como "Invención" en los comentarios son realizaciones de los aceros inoxidables ferríticos de la presente divulgación. Los materiales identificados como "Referencia" no son realizaciones de los aceros inoxidables ferríticos de la presente divulgación. De hecho, dos son productos anteriores bien conocidos: HT #831187 es acero inoxidable de tipo 444 y HT #830843 es acero inoxidable de 15 CrCb, que es un producto de AK Steel Corporation, West Chester, Ohio.

Ejemplo 2

La resistencia a la oxidación de varias de las composiciones de acero descritas en el Ejemplo 1 y la Tabla 1 anteriores se sometió a ensayo a 930 °C durante 200 horas al aire. Los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 2 a continuación. Las composiciones individuales se identificaron cada una por su número ID correspondiente. Se evaluó la resistencia a la oxidación usando dos factores. Uno era la cantidad de aumento de peso y el otro el grado de descascarillamiento. Para cada material, excepto para HT #920097, el valor de aumento de peso informado es un promedio de dos ensayos. Para HT #920097, se sometieron a ensayo ocho muestras y se dio a conocer el mínimo, promedio y máximo de estos ocho ensayos.

Tabla 2 Ensayo de resistencia a la oxidación a 930 °C durante 200 horas al aire.

	Composición química (% en peso)								Aumento de peso (mg/cm ²)	Descascarillamiento (desconchado)	Comentarios
	C	Cb	Cr	Cu	Mn	N	Si	Ti			
V3954	,014	,30	16,99	1,27	,99	,012	1,33	,16	1,34	N.º	Invención
V3924	,0090	,40	16,70	1,27	1,00	,019	1,27	,14	1,40	N.º	Invención
V3929	,0094	,40	16,56	1,26	,98	,014	1,28	,17	1,44	N.º	Invención
V3956	,0089	,39	16,92	1,23	,99	,0087	1,32	,17	1,14	Parcial*	Invención
V3955	,0085	,28	17,06	1,23	,99	,0082	1,35	,16	1,15	Parcial*	Invención
V3961	,013	,29	16,95	1,28	,99	,011	1,32	,16	1,17	Parcial*	Invención
V3960	,0085	,37	17,40	1,27	,99	,0086	1,33	,16	1,19	Parcial*	Invención
V3958	,0090	,40	16,93	1,24	,99	,0076	1,32	,16	1,20	Parcial*	Invención
V3957	,0084	,41	16,90	1,28	,99	,0084	1,32	,17	1,21	Parcial*	Invención
V3959	,0082	,31	17,35	1,27	,99	,0077	1,31	,15	1,22	Parcial*	Invención
V3962	,0093	,30	16,93	1,28	,99	,0082	1,33	,17	1,37	Parcial*	Invención
V3925	,0054	,43	16,98	1,31	1,00	,012	1,33	,21	1,43	Parcial*	Invención
V3926	,0077	,43	16,90	1,28	1,00	,012	1,31	,25	1,47	Parcial*	Invención
HT #920097	,0114	,33	17,01	1,16	,98	,009	1,30	,18	1,63 Min 1,70 Prom 1,74 Máx	No	Invención
V3918	,012	,44	16,78	1,28	,28	,010	,58	,21	-0,14	Grave	Referencia
V3920	,011	,46	16,88	1,28	,28	,010	,94	,25	-1,77	Muy grave	Referencia
V3922	,0084	,32	16,86	1,28	,28	,010	1,32	,27	-1,98	Muy grave	Referencia
V3921	,0081	,45	16,82	1,28	,28	,010	1,34	,27	-2,48	Muy grave	Referencia
444	,010	,17	17,58	,09	,35	,0114	,44	,20	0,88	Grave	Referencia
15 Cr-Cb	,0086		14,32	,08	1,01	,0077	1,27	,25	1,29	Grave	Referencia

*- "Parcial" se refiere a que el descascarillamiento se produjo justo alrededor de los bordes de las muestras y unos pocos puntos más allá de los bordes.

Ejemplo 3

Las propiedades de tracción de alta temperatura longitudinales de varias composiciones de acero del Ejemplo 1 se sometieron a ensayo de acuerdo con el procedimiento del ensayo de tracción de la norma ASTM E21. Los resultados de estas pruebas se indican a continuación:

5

Tabla 3 Propiedades de tracción de alta temperatura longitudinales. (Ensayos de tracción de norma ASTM E21).

ID	600 °C			700 °C			800 °C			Promedio ,2 % YS en tres temp.	Comentarios
	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)		
	V3924	2,03	260	372	2,00	116	126	2,03	37,2		
V3925	2,01	241	391	2,05	151	150	2,01	41,0	50,6	144	Invencción
V3926	2,00	265	385	2,03	142	150	2,00	39,3	49,6	149	Invencción
V3929	2,01	262	381	2,01	125	135	2,01	37,9	48,9	141	Invencción
V3954	2,02	244	348	2,04	135	155	2,03	24,1	35,1	134	Invencción
V3955	2,04	239	352	2,05	147	178	2,06	32,0	44,1	139	Invencción
V3956	2,05	245	354	2,06	134	150	2,05	40,7	49,3	140	Invencción
V3957	2,05	257	376	2,05	100	122	2,06	38,6	50,0	132	Invencción
V3958	2,02	246	369	2,04	107	121	2,04	40,0	50,0	131	Invencción
V3959	2,03	238	352	2,05	96	120	2,05	34,5	45,8	123	Invencción
V3960	2,03	252	370	2,05	102	118	2,05	36,9	49,3	130	Invencción
V3961	2,02	244	353	2,03	160	185	2,03	31,0	43,1	145	Invencción
V3962	2,03	243	356	2,04	108	126	2,05	34,8	46,2	129	Invencción
HT #920097CL #F06626	2,00	247	373	2,00	148	157	2,01	36,6	46,9	144	Invencción
HT #920097CL #F06629	2,03	256	373	2,03	144	172	2,02	38,0	47,6	146	Invencción
V3918	2,01	245	370	2,02	153	166	2,02	40,0	51,3	146	Referencia
V3920	2,02	251	382	1,99	167	195	2,02	38,9	49,6	152	Referencia
V3921	2,01	260	383	2,00	137	151	2,00	36,5	47,5	145	Referencia
V3922	2,05	247	373	2,03	146	154	2,04	40,3	49,3	144	Referencia

ES 2 728 229 T3

Ejemplo 4

Las propiedades de tracción longitudinales de varias composiciones de acero del Ejemplo 1 se sometieron a ensayo de acuerdo con el procedimiento del ensayo de tracción de la norma ASTM E8/E8M. Además, los valores r de estiramiento se sometieron a ensayo de acuerdo con el procedimiento de la norma ASTM E517. La resistencia a la formación de estrías de las composiciones también se determinó sobre una escala cualitativa de 0-6, en la que 0 es el mejor y 6 es inaceptable. Los resultados de estas pruebas se indican a continuación:

Tabla 4 Propiedades de tracción longitudinales (ASTM E8/E8M), valores r de estiramiento y resistencia a la formación de estrías.

ID Lab	Tracción de ASTM Longitudinal					barra r de estiramiento	Formación de estrías (0-6)	Comentarios
	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)	HRB			
V3926	2,02	475	613	27,5	93,0	1,01	3	Invención
	2,02	476	614	27,7	92,8		2	
V3925	2,02	465	598	27,6	92,4	1,21	2	Invención
	2,02	466	600	28,6	92,0		2	
V3929	2,03	432	563	31,4	89,8	1,37	1	Invención
	2,03	430	563	31,4	89,6		2	
V3924	2,05	451	579	29,9	90,5	1,24	2	Invención
	2,04	452	580	30,0	89,9		1	
V3955	2,01	425	552	31,2	88,0	1,16	1	Invención
	2,02	422	547	30,5	88,2			
V3956	2,01	411	542	31,3	87,7	0,98	1	Invención
	2,02	407	538	30,4	87,5			
V3961	2,05	449	572	29,0	89,8	1,31	1	Invención
	2,04	443	569	29,4	90,0			
V3954	2,04	447	571	28,8	90,4	1,16	1	Invención
	2,04	446	570	29,0	89,6			
V3962	2,07	451	580	28,8	90,5	1,29	1	Invención
	2,07	451	577	30,1	90,0			
V3957	2,01	454	587	27,1	91,6	1,16	1	Invención
	2,01	448	581	28,7	90,8			
V3958	2,05	428	570	27,9	89,2	1,14	1	Invención
	2,05	429	569	29,5	89,1			
V3959	2,07	461	585	28,0	90,9	1,19	1	Invención
	2,07	459	583	28,7	90,2			
V3960	2,06	458	586	29,1	90,5	1,15	1	Invención
	2,06	452	581	28,8	90,7			
V3918	1,99	379	508	33,4	84,9	1,45	1	Referencia
	1,99	381	510	33,5	84,8		1	
V3920	2,05	426	556	30,5	89,4	1,13	1	Referencia
	2,05	424	555	31,1	89,3		1	

ES 2 728 229 T3

(continuación)

ID Lab	Tracción de ASTM Longitudinal					barra r de estiramiento	Formación de estrías (0-6)	Comentarios
	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)	HRB			
V3921	2,02	477	618	26,9	92,7	1,04	2	Referencia
	2,02	474	616	26,5	92,4		3	
V3922	2,04	416	543	33,1	88,4	1,21	1	Referencia
	2,03	414	543	32,4	88,2		1	

Ejemplo 5

5 Las propiedades de tracción longitudinales de varias composiciones de acero del Ejemplo 1 se sometieron a ensayo de acuerdo con el procedimiento del ensayo de tracción de la norma ASTM E8/E8M. Además, los valores r de estiramiento se sometieron a ensayo de acuerdo con el procedimiento de la norma ASTM E517. La resistencia a la formación de estrías de las composiciones también se determinó sobre una escala cualitativa de 0-6, en la que 0 es el mejor y 6 es inaceptable. Los resultados de estas pruebas se indican a continuación:

10 **Tabla 5 Propiedades de tracción longitudinales (ASTM E8/E8M), valores r de estiramiento y resistencia a la formación de estrías.**

Posición ID de bobinado de HT #920097	Tracción de ASTM Longitudinal					barra r	Formación de estrías (0-6)	Comentarios
	Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)	HRB			
681730-02 cabeza	2,01	403	534	33,1	86,3	1,22	0	Invención
	2,01	404	535	32,6	86,2		0	
681730-02 cola	1,97	402	532	32,8	86,4	1,24	0	Invención
	1,97	402	532	32,6	86,3		0	
681730-05 cabeza	2,03	400	530	32,4	86,0	1,37	0	Invención
	2,03	398	529	32,7	86,2		0	
681730-05 cola	2,03	404	534	32,7	86,4	1,20	0	Invención
	2,03	404	534	33,8	86,6		0	
681727-02 cabeza	1,51	405	537	31,8	86,4	1,34	0	Invención
	1,51	406	537	31,0	86,4		0	
681727-02 cola	1,61	401	530	32,6	86,0	1,31	0	Invención
	1,61	401	530	32,3	86,3		0	
681727-01A cabeza	1,53	398	530	31,8	85,8	1,38	0	Invención
	1,53	401	532	32,1	86,0		0	
681727-01A cola	1,56	401	532	31,7	86,2	1,34	0	Invención
	1,56	401	532	32,5	85,9		0	

Ejemplo 6

15 Cuatro muestras de bandas en caliente de A, B, C y D a partir de #920097 calentado se produjeron en la planta. Se llevó a cabo un estudio de laboratorio para examinar el efecto del proceso de recocido de bandas en caliente y las temperaturas de recocido de bandas en caliente para barra r superior (aptitud de estiramiento o capacidad de estiramiento), los resultados de las cuales se exponen en la Tabla 6. Una temperatura de recocido de bandas en caliente inferior y un procesamiento sin recocido de bandas en caliente dio como resultado una barra r superior con alargamiento de tracción ligeramente inferior y resistencia inferior a formación de estrías, pero todas dentro de un intervalo aceptable. (1825 °F = 996 °C; 1900 °F = 1038 °C; 1975 °F = 1079 °C).

20

Tabla 6 Propiedades de tracción longitudinales (ASTM E8/E8M), valores r de estiramiento y resistencia de formación de estrías.

ID Lab	Temp. de HBA	Tracción de ASTM Longitudinal					barra r	Formación de estrías (0-6)	Comentarios
		Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)	HRB			
A1	Sin HBA	2,01	412	543	31,4	86,5	1,44	1	Invención
		2,01	413	543	31,7	87,0			
A2	1825 °F	1,99	407	538	31,7	86,6	1,20	0	Invención
		1,99	407	537	31,7	87,2			
A3	1900 °F	1,97	407	537	32,2	86,7	1,15	0	Invención
		1,97	407	537	32,1	86,8			
A4	1975 °F	1,97	406	536	32,0	86,8	1,15	0	Invención
		1,97	405	536	32,2	86,8			
B1	Sin HBA	2,02	414	541	31,9	86,8	1,29	1	Invención
		2,02	413	541	31,3	86,4			
B2	1825 °F	1,99	409	538	33,2	87,2	1,24	0	Invención
		1,99	408	539	32,5	85,0			
B3	1900 °F	1,98	408	537	32,9	85,6	1,19	0	Invención
		1,98	407	536	31,7	86,4			
B4	1975 °F	1,98	406	536	32,8	85,7	1,25	0	Invención
		1,99	405	535	32,1	86,5			
C1	Sin HBA	1,51	419	556	29,3	86,6	1,70	1	Invención
		1,50	418	556	29,4	86,4			
C2	1825 °F	1,50	414	545	30,8	86,7	1,61	0	Invención
		1,50	412	545	31,1	85,7			
C3	1900 °F	1,49	407	541	31,3	86,0	1,45	0	Invención
		1,49	410	541	30,4	85,9			
C4	1975 °F	1,49	410	540	31,3	85,8	1,45	0	Invención
		1,49	409	540	31,1	86,0			
D1	Sin HBA	1,55	418	548	29,1	86,7	1,57	1	Invención
		1,55	419	549	29,6	86,6			
D2	1825 °F	1,53	411	541	31,0	86,2	1,48	1	Invención
		1,53	413	543	31,4	85,8			
D3	1900 °F	1,54	413	538	31,0	86,4	1,33	0	Invención
		1,53	416	543	30,6	86,2			
D4	1975 °F	1,52	410	539	31,4	86,6	1,32	0	Invención
		1,54	408	536	32,1	86,3			

5 **Ejemplo 7**

Una bobina de bandas en caliente producida en planta con la composición indicada en la Tabla 1 (HT #930354, CL

5 #681158-03) se procesó finalmente sin recocido de bandas en caliente a 1,5 mm de calibrado. Cuando se incluyó una etapa de recocido de bandas en caliente, las bobinas producidas en planta de HT#930354 dieron como resultado valores de barras r de 1,34, 1,31, 1,38 y 1,34, como se muestra en la Tabla 5. Cuando no se incluyó la etapa de recocido de bandas en caliente, resultó en una barra r superior de 1,46, como se muestra en la Tabla 7 siguiente.

Tabla 7 - Propiedades de tracción longitudinales (ASTM E8/E8M), valores r de estiramiento y resistencia de formación de estrías.

ID de Planta	HBA	Tracción de ASTM Longitudinal					barra r	Formación de estrías (0-6)	Comentarios
		Calibre (mm)	,2 % YS (MPa)	UTS (MPa)	EL (%)	HRB			
HT# 930354 CL# 682158-03	No	1,55	439	565	27,4	89,9	1,46	2	Invención
		1,55	441	566	28,4	89,5		2	

10 Los límites de la presente invención deben determinarse a partir de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un acero inoxidable ferrítico que consiste en los siguientes elementos en porcentaje en peso:

- 5 0,020 % o menos de carbono
0,020 % o menos de nitrógeno
15-20 % de cromo
0,30 % o menos de titanio
0,28-0,50 % de columbio
- 10 1,0- 2,00 % de cobre
1,0- 1,7 % de silicio
0,4-1,5 % de manganeso
0,050 % o menos de fósforo
0,01 % o menos de azufre
- 15 0,020 % o menos de aluminio
opcionalmente uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en 3,0 % o menos de molibdeno,
0,010 % o menos de boro, 0,5 % o menos de vanadio y 1,0 % o menos de níquel y el resto siendo hierro e
impurezas inevitables,
con la condición de que se cumpla la relación:
- 20

$$(\% \text{ de titanio} \times \% \text{ de nitrógeno}) / \% \text{ de aluminio} \geq 0,14 \quad (I).$$