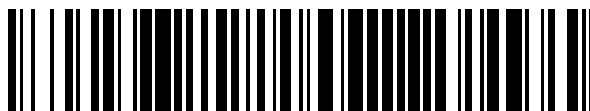


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 807**

51 Int. Cl.:

C22C 38/14	(2006.01) C22C 38/24	(2006.01)
C22C 38/38	(2006.01) C22C 38/26	(2006.01)
C22C 38/32	(2006.01) C22C 38/28	(2006.01)
C21D 8/02	(2006.01) C21D 9/46	(2006.01)
C21D 6/00	(2006.01)	
C22C 38/00	(2006.01)	
C22C 38/02	(2006.01)	
C22C 38/04	(2006.01)	
C22C 38/06	(2006.01)	
C22C 38/12	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2013 PCT/CN2013/071179**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO14019352**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2013 E 13763172 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2019 EP 2881486**

54 Título: **Placa de acero resistente a la abrasión de alta resistencia y alta tenacidad, y proceso para preparar la misma**

30 Prioridad:
31.07.2012 CN 201210269896

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.07.2019

73 Titular/es:
**BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (100.0%)
No.885 Fujin Road, Baoshan District
Shanghai 201900, CN**

72 Inventor/es:
**LI, HONGBIN;
YAO, LIANDENG y
MIAO, YUCHUANN**

74 Agente/Representante:
MILTENYI , Peter

ES 2 719 807 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

Placa de acero resistente a la abrasión de alta resistencia y alta tenacidad, y proceso para preparar la misma.

5 Campo técnico

La invención se refiere a acero resistente al desgaste, en particular a una placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de alta tenacidad, resistente al desgaste y a un procedimiento para fabricar la misma.

10 Técnica anterior

La placa de acero resistente al desgaste es ampliamente utilizada para productos mecánicos para uso en ingeniería, minería, agricultura, producción de cemento, puertos, energía eléctrica, metalurgia y similares donde las condiciones de funcionamiento son particularmente terribles y se requiere una alta resistencia, así como propiedades de alta resistencia al desgaste. Pueden mencionarse, por ejemplo, máquinas apisonadoras, cargadoras, excavadoras, camiones volquete y cucharas excavadora, apiladoras recogedoras, estructuras curvas de suministro, etc.

En las últimas décadas crece rápidamente el desarrollo y la aplicación de acero resistente al desgaste. En general, el contenido en carbono aumenta y se añaden cantidades adecuadas de elementos traza tales como cromo, molibdeno, níquel, vanadio, tungsteno, cobalto, boro, titanio y similares para mejorar las propiedades mecánicas del acero resistente al desgaste aprovechándose de diversos medios de refuerzo tales como refuerzo por precipitación, refuerzo de grano fino, refuerzo por transformación y refuerzo por dislocación, entre otros. Dado que el acero resistente al desgaste es principalmente acero con un contenido en carbono medio, con un contenido en carbono medio-alto o con un contenido en carbono alto, el aumento del contenido de carbono da lugar a una menor tenacidad, y un contenido de carbono excesivamente alto agrava la capacidad de soldadura del acero. Además, el aumento del contenido de aleación resultará en un mayor coste y una capacidad de soldadura degradada. Estos inconvenientes evitan un mayor desarrollo del acero resistente al desgaste.

A pesar de que la resistencia al desgaste de un material depende principalmente de su dureza, la tenacidad también tiene una influencia significativa en la resistencia al desgaste del material. Bajo condiciones de trabajo complicadas, no puede garantizarse una buena resistencia al desgaste y una larga vida útil de un material solamente aumentando la dureza del material. El ajuste de los componentes y el proceso de tratamiento térmico, y el control de la adaptación adecuada entre la dureza y la tenacidad del acero de baja aleación resistente al desgaste, pueden dar como resultado unas propiedades mecánicas integrales superiores, por lo que pueden satisfacerse los requisitos de las diferentes condiciones de desgaste.

La soldadura es un procedimiento de procesamiento muy importante y desempeña un papel vital en su aplicación en ingeniería, ya que puede realizar uniones entre varios materiales de acero. El agrietamiento en frío de la soldadura es el defecto más común del proceso de soldadura. Particularmente, el agrietamiento en frío tiene una gran tendencia a producirse cuando se suelda acero de alta resistencia. En general, se utiliza un precalentamiento antes de la soldadura y un tratamiento térmico después de la soldadura para prevenir agrietamiento en frío, lo que complica el proceso de soldadura, hace que el proceso sea inoperable en casos especiales y pone en peligro la seguridad y la confiabilidad de la estructura soldada. Para placas de acero de alta resistencia, alta dureza, y resistentes al desgaste, los problemas relacionados con la soldadura son particularmente prominentes.

El documento CN 114 0 205 A ha descrito un acero resistente al desgaste con contenido en carbono medio y en aleación medio, cuyos contenidos en carbono y en elementos de aleación (Cr, Mo, etc.) son mucho más elevados que los de la presente invención. Esto dará lugar inevitablemente a una mala capacidad de soldadura y maquinabilidad.

El documento CN 186 5 481 A ha descrito un acero de bainita resistente al desgaste que tiene unos contenidos en carbono y elementos de aleación (Si, Mn, Cr, Mo, etc.) más elevados y una menor capacidad de soldadura y propiedades mecánicas en comparación con la presente invención.

El documento JP 2011 179 122 A describe una serie de ejemplos para un material realizado en acero. Sin embargo, en todos los ejemplos, falta un elemento, concretamente Ca.

El documento WO 2011/061812 A1 describe un acero de alta tenacidad, resistente a la abrasión y muy moldeable. De nuevo, se dan una serie de ejemplos, pero todos los ejemplos no utilizan Ca como elemento de aleación.

60 Descripción

El objetivo de la invención es proporcionar una placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de alta tenacidad, resistente al desgaste realizando la combinación entre alta resistencia, alta dureza y alta tenacidad

en base a la adición de elementos de aleación traza, con el fin de lograr una capacidad de soldadura extremadamente buena y una propiedad de mecanizado superior que benefician la amplia aplicación de la placa de acero en ingeniería.

El objetivo se consigue mediante las características de las reivindicaciones independientes.

En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones ventajosas.

La microestructura del acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención comprende principalmente martensita y austenita residual, en el que la fracción de volumen de la austenita residual es $\leq 5\%$.

La composición química del material tiene una influencia significativa en la capacidad de soldadura. La influencia del carbono y los elementos de aleación en la capacidad de soldadura del acero puede expresarse utilizando el carbono equivalente del acero. Al estimar el carbono equivalente del acero, la sensibilidad al agrietamiento en frío de un acero de baja aleación y alta resistencia puede ponderarse de manera preliminar. Cuanto menor es el contenido en carbono equivalente, mejor será la capacidad de soldadura, y viceversa, un mayor contenido en carbono equivalente dará como resultado una mayor capacidad de soldadura. Ésta puede ser una guía importante para determinar las condiciones del proceso de soldadura, tales como el precalentamiento, el tratamiento térmico posterior a la soldadura, la energía lineal, etc. La fórmula del carbono equivalente aceptada por el Instituto Internacional de Soldadura es

$$Ceq = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + Cu) / 15$$

El índice de sensibilidad al agrietamiento de la soldadura Pcm de una placa de acero con baja sensibilidad al agrietamiento de la soldadura puede determinarse mediante la siguiente fórmula:

$$Pcm = C + Si/30 + Ni/60 + (Mn + Cr + Cu) / 20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

El índice de sensibilidad de grieta de la soldadura Pcm representa el indicador para juzgar la inclinación del agrietamiento en frío del acero de la soldadura. Si Pcm es menor, la capacidad de soldadura es mejor. Inversamente, la capacidad de soldadura es peor. Una buena capacidad de soldadura significa que la aparición de agrietamiento de la soldadura no es fácil durante la soldadura. Por el contrario, se producen fácilmente grietas en el acero que tiene poca capacidad de soldadura. Para evitar el agrietamiento, el acero se precalienta antes de soldar. Cuando la capacidad de soldadura es mejor, se requiere una temperatura de precalentamiento inferior, o incluso puede no haber precalentamiento. Inversamente, se requiere una mayor temperatura de precalentamiento.

Debido a los contenidos de carbono y de elementos de aleaciones diseñados científicamente de acuerdo con la invención, la placa de acero presenta unas excelentes propiedades mecánicas (resistencia, dureza, elongación, resistencia al impacto, entre otras), capacidad de soldadura y resistencia al desgaste que resultan de la función de refinado y refuerzo de los elementos de aleación traza, así como el control sobre el efecto de refinado y refuerzo de procesos de laminado y enfriamiento.

La invención difiere de la técnica anterior principalmente en los siguientes aspectos: En términos de componentes químicos, el acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención incorpora pequeñas cantidades de elementos tales como Nb, etc. en su composición química además de los elementos C, Si, Mn y similares y, por lo tanto, se caracteriza por una composición simple, bajo coste, etc.

En términos de proceso de producción, se utiliza un proceso TMCP para producir la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención sin temple, revenido, y otros procedimientos de tratamiento térmico fuera de línea y, por lo tanto, se caracteriza por un flujo de producción corto, una alta eficiencia de producción, un menor consumo de energía, un menor coste de producción, etc.

En términos de propiedad del producto, la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una alta resistencia, una gran dureza y especialmente una elevada tenacidad a baja temperatura, y la placa de acero producida de acuerdo con la invención presenta una excelente capacidad de soldadura.

En términos de microestructura, la microestructura del acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención comprende principalmente martensita fina y austenita residual, en el que la fracción de volumen de la austenita residual es $\leq 5\%$, lo que facilita la buena correspondencia entre la resistencia, la dureza y la tenacidad de la placa de acero resistente al desgaste.

La placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención presenta ventajas relativamente notables. En lo que se refiere al desarrollo de economía social e industria del acero, una tendencia inevitable es el control del contenido en carbono y elementos de aleaciones, y el desarrollo de acero resistente al desgaste y de bajo coste con buena capacidad de soldadura y propiedades mecánicas a través de un proceso simple.

Descripción de los dibujos

La figura 1 muestra la forma y el tamaño de un cupón de prueba de agrietamiento de soldadura con ranura en Y en una prueba de soldadura.

La figura 2 muestra la microestructura de la placa de acero de acuerdo con el Ejemplo 5, que comprende martensita fina y una pequeña cantidad de austenita residual, y garantiza que la placa de acero presente buenas propiedades mecánicas.

Descripción detallada

La presente invención se mostrará adicionalmente con referencia a algunos ejemplos. Estos ejemplos sólo pretenden describir algunas realizaciones de la invención sin limitar el alcance de la invención.

En la invención, salvo que se especifique lo contrario, los contenidos están representados por porcentajes en peso.

Las funciones de los componentes químicos en la placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de alta tenacidad, resistente al desgaste de acuerdo con la invención son las siguientes:

Carbono: el carbono es el elemento más básico e importante en el acero resistente al desgaste. Puede mejorar la resistencia y la dureza del acero, y mejorar todavía más la resistencia al desgaste del acero. Sin embargo, deteriorará la tenacidad y la capacidad de soldadura del acero. Por lo tanto, el contenido de carbono en el acero debe controlarse razonablemente para que sea de 0,11-0,19%.

Silicio: el silicio forma una solución sólida en ferrita y austenita para mejorar su dureza y resistencia. Sin embargo, el exceso de silicio disminuirá considerablemente la tenacidad del acero. Mientras, debido a una mejor afinidad del silicio con el oxígeno que con el hierro, durante la soldadura tiende a generarse fácilmente silicato que tiene un bajo punto de fusión, lo que aumenta la escoria y la movilidad de los metales fundidos y, por lo tanto, afecta a la calidad de la soldadura. Por lo tanto, no es deseable tener un exceso de silicio. El contenido en silicio en la invención se controla para que sea de 0,15-0,45%, preferiblemente del 0,15-0,40%.

Manganeso: El manganeso aumenta significativamente la capacidad de endurecimiento del acero, y reduce la temperatura de transición del acero resistente al desgaste y la velocidad de enfriamiento crítica del acero. Sin embargo, un contenido de manganeso más elevado tiende a hacer que los granos se vuelvan gruesos, se aumente la sensibilidad a la fragilidad del acero, se provoque segregación y agrietamiento fácilmente en el bloque fundido, y se degraden las propiedades de la placa de acero. En la invención, el contenido de manganeso se controla para que sea 1,10-1,80%, preferiblemente 1,20-1,70%.

Niobio: la función del Nb en el refinado y el refuerzo de precipitación del grano contribuye significativamente al aumento de la resistencia y la tenacidad del material. Como elemento que tiene una fuerte propensión a formar carburo y nitruro, el niobio restringe mucho el crecimiento de los granos de austenita. El Nb aumenta tanto la resistencia como la tenacidad del acero al refinar los granos. El Nb mejora y aumenta las propiedades del acero principalmente a través de refuerzo de precipitación y refuerzo de transformación. El Nb ya ha sido considerado como uno de los agentes de refuerzo más eficaces en el acero HSLA. En la invención, el niobio se controla para que sea de 0,010-0,040%, preferiblemente de 0,010-0,035%.

Aluminio: el aluminio y el nitrógeno en el acero pueden formar partículas finas de AlN insolubles para refinar los granos de acero. El aluminio puede refinar granos de acero, inmovilizar nitrógeno y oxígeno en el acero, disminuir la sensibilidad a la entalladura del acero, reducir o eliminar el fenómeno de envejecimiento del acero y mejorar la tenacidad del acero. En la invención, el contenido de Al se controla para que sea de 0,010-0,080%, preferiblemente de 0,020-0,060%.

Boro: el boro mejora la capacidad de endurecimiento del acero, pero un contenido excesivo dará lugar a fragilidad en caliente, e impactará en la capacidad de soldadura y la trabajabilidad en caliente del acero. Por lo tanto, el contenido de boro debe controlarse estrictamente. En la invención, el contenido de boro se controla para que sea de 0,0006-0,0014%, preferiblemente de 0,0008-0,0014%.

Titanio: El titanio es uno de los elementos que tiene una fuerte tendencia a formar carburos, y forma partículas de TiC finas con el carbono. Las partículas de TiC son muy pequeñas, y se distribuyen a lo largo del límite del cristal, para representar el efecto de refinar los granos. Unas partículas de TiC más duras aumentarán la resistencia al desgaste del acero. En la invención, el titanio se controla para que sea de 0,005-0,050%, preferiblemente de 0,005-0,045%.

La adición de niobio y titanio en combinación puede resultar en un mejor efecto en el refinamiento del grano, reducir el tamaño del grano de la austenita original, favorecer el torno de martensita después de refinado y temple, y aumentar la resistencia y la resistencia al desgaste. La insolubilidad del TiN y similares a altas temperaturas puede evitar que los granos de la zona afectada por el calor se vuelvan gruesos, y se mejore la tenacidad de la zona afectada por el calor, con el fin de mejorar la capacidad de soldadura del acero. Por lo tanto, los contenidos de niobio y titanio cumplen con la siguiente relación: $0,025\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,080\%$, preferiblemente $0,035\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,070\%$.

El titanio puede formar partículas finas y, por lo tanto, refinar granos. El aluminio puede garantizar la formación de partículas finas de titanio, de modo que el titanio puede desempeñar un papel importante en el refinamiento de los granos. Por lo tanto, los rangos del contenido de aluminio y titanio cumplen con la siguiente relación: $0,030\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,12\%$, preferiblemente $0,040\% \leq \text{Al} + \text{Ti} \leq 0,11\%$.

Calcio: El calcio tiene un notable efecto en la transformación de las inclusiones en acero fundido. La adición de una cantidad adecuada de calcio en el acero fundido puede transformar las inclusiones de sulfuro a modo de tira larga en el acero fundido en inclusiones de CaS o (Ca, Mn)S esféricas. Las inclusiones de óxido y sulfuro formadas de calcio tienen densidades más pequeñas y, por lo tanto, son más fáciles de flotar y eliminar. El calcio también puede inhibir notablemente el agrupamiento de azufre a lo largo del límite del cristal. Todos son favorables para aumentar la calidad del acero fundido y, por lo tanto, mejorar las propiedades del acero. En la invención, el contenido de calcio se controla para que sea de 0,0010 a 0,0080%, preferiblemente de 0,0010 a 0,0060%.

Vanadio: El vanadio se añade principalmente para refinar granos, para que los granos de austenita no crezcan indebidamente en la etapa de calentamiento del bloque. Como tal, en las siguientes series de laminado, los granos de acero pueden refinarse aún más para aumentar la resistencia y la tenacidad del acero. En la invención, el vanadio se controla para que sea $\leq 0,080\%$, preferiblemente $\leq 0,060\%$.

Cromo: el cromo puede reducir la velocidad de enfriamiento crítica y mejorar la capacidad de endurecimiento del acero. Pueden formarse varios carburos, tales como $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$, $(\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3$ y $(\text{Fe}, \text{Cr})_{23}\text{C}_7$, etc., a partir de cromo en el acero para mejorar la resistencia y la dureza. Durante el revenido, el cromo puede prevenir o ralentizar la precipitación y la agregación de los carburos, por lo que aumenta la estabilidad del revenido del acero. En la invención, el contenido de cromo se controla para que sea $\leq 0,40\%$.

Fósforo y azufre: el azufre y el fósforo son elementos dañinos en el acero resistente al desgaste. Sus contenidos deben controlarse estrictamente. En el acero del tipo de acuerdo con la invención, el contenido de fósforo se controla para que sea $\leq 0,015\%$, preferiblemente $\leq 0,010\%$; y el contenido de azufre es $\leq 0,010\%$, preferiblemente $\leq 0,005\%$.

Nitrógeno, oxígeno e hidrógeno: un exceso de oxígeno y nitrógeno en el acero es bastante indeseable para las propiedades del acero, especialmente la capacidad de soldadura y la tenacidad. Sin embargo, un control demasiado estricto aumentará en gran medida el coste de producción. Por lo tanto, en el acero del tipo de acuerdo con la invención, el contenido de nitrógeno se controla para que sea $\leq 0,0080\%$, preferiblemente $\leq 0,0050\%$; el contenido de oxígeno es $\leq 0,0060\%$, preferiblemente $\leq 0,0040\%$; y el contenido de hidrógeno es $\leq 0,0004\%$, preferiblemente $\leq 0,0003\%$.

El procedimiento de fabricación de la placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de gran tenacidad, y resistente al desgaste de acuerdo con la invención comprende, en secuencia, las etapas de fusión, fundición, calentamiento, laminado y enfriamiento directo posterior al laminado, etc. En la etapa de calentamiento, el material se calienta a 1000-1200° C. En la etapa de laminado, la temperatura inicial de laminado es de 950-1150° C y la temperatura final de laminado es de 800-950° C. En la etapa de enfriamiento directo posterior al laminado, se utiliza enfriamiento con agua y la temperatura de enfriamiento final es de temperatura ambiente a 300° C.

Preferiblemente, en el proceso de calentamiento, la temperatura de calentamiento es 1000-1150° C, más preferiblemente 1000-1130° C. Con el fin de aumentar la eficiencia de producción y prevenir un crecimiento excesivo de los granos de austenita y una oxidación severa de la superficie del bloque, la temperatura de calentamiento es más preferiblemente de 1000-1110° C.

Preferiblemente, la temperatura inicial de laminado: 950-1100° C; la temperatura final de laminado: 800-900° C; más preferiblemente, la temperatura inicial de laminado: 950-1080° C; la temperatura final de laminado: 800-890° C; y más preferiblemente, la temperatura inicial de laminado: 950-1050° C; la temperatura final de laminado: 800-880° C.

Preferiblemente, la temperatura de enfriamiento final es de temperatura ambiente a 280°C, más preferiblemente de temperatura ambiente a 250°C, más preferiblemente de temperatura ambiente a 200°C.

El contenido en carbono y aleaciones traza se controlan estrictamente de acuerdo con la invención mediante un diseño razonable de la composición química (los contenidos y las proporciones de C, Si, Mn, Nb y otros elementos). La placa

de acero resistente al desgaste obtenida de dicha composición diseñada presenta una buena capacidad de soldadura y es adecuada para su aplicación en los campos de ingeniería y mecánica donde se necesita soldadura. Además, el coste de producción del acero resistente al desgaste disminuye mucho debido a la ausencia de elementos como Mo, Ni y similares.

- 5 La placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de alta tenacidad, y resistente al desgaste de acuerdo con la invención presenta alta resistencia, alta dureza y perfecta resistencia al impacto, entre otras cosas, es fácil de mecanizar, tal como por corte, doblado, etc., y presenta una muy buena aplicabilidad.
- 10 La placa de acero de baja aleación, fácilmente soldable, de alta resistencia, de alta tenacidad, y resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una resistencia a la tracción de 1160-1410MPa, un alargamiento de 14-16%, una dureza Brinell de 390-470HBW, un trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40° C de 50-110J, así como una excelente capacidad de soldadura, y eleva la aplicabilidad del acero resistente al desgaste.
- 15 Ejemplos

La Tabla 1 muestra los porcentajes en masa de los elementos químicos en las placas de acero de acuerdo con Ejemplos 2-7 de la invención, Ejemplos no reivindicados 1 y 8 y Ejemplo comparativo 1 (documento CN 186 5 481 A).
- 20 Los materiales de partida para la fusión se sometieron al proceso de fabricación de acuerdo con las siguientes etapas: fusión → fundición → calentamiento → laminado → enfriamiento directo después del laminado. En la Tabla 2 se muestran los parámetros de proceso específicos para los Ejemplos 1-8.
- 25 A partir de la Tabla 1 puede apreciarse que el contenido de carbono y los contenidos de aleación del Ejemplo 1 son relativamente más altos, y sus valores C_{eq} y P_{cm} son mucho mayores que los del tipo de acero de la invención. Por lo tanto, su capacidad de soldadura debe ser significativamente diferente del tipo de acero de la invención.

Tabla 1 Composiciones de los Ejemplos 1-8 según la invención, % en peso

	C	Si	Mn	P	S	Nb	Al	B	Ti	Ca	V	Cr	N	O	H	Otros	Ceq%	Pcm%
Ej. 1	0,08	0,45	1,70	0,015	0,005	0,016	0,027	0,0014	0,019	0,0010	0,060	0,60	0,0042	0,0060	0,0004	-	0,50	0,22
Ej. 2	0,11	0,26	1,80	0,009	0,010	0,020	0,035	0,0013	0,005	0,0040	0,080	0,40	0,0080	0,0040	0,0002	-	0,51	0,24
Ej. 3	0,12	0,37	1,53	0,008	0,004	0,026	0,010	0,0011	0,020	0,0080	0,020	0,22	0,0050	0,0028	0,0002	-	0,42	0,23
Ej. 4	0,14	0,40	1,50	0,010	0,003	0,017	0,020	0,0008	0,045	0,0060	/	/	0,0028	0,0021	0,0003	-	0,39	0,23
Ej.5	0,16	0,38	1,41	0,009	0,003	0,010	0,080	0,0013	0,040	0,0050	/	0,28	0,0038	0,0030	0,0003	-	0,45	0,26
Ej.6	0,18	0,32	1,33	0,009	0,003	0,035	0,052	0,0012	0,035	0,0030	0,041	0,19	0,0029	0,0028	0,0002	-	0,45	0,27
Ej. 7	0,19	0,26	1,20	0,007	0,002	0,030	0,060	0,0006	0,050	0,0020	0,029	/	0,0035	0,0022	0,0002	-	0,40	0,27
Ej. 8	0,21	0,15	1,10	0,008	0,002	0,040	0,041	0,0010	0,027	0,0040	0,033	0,13	0,0032	0,0018	0,0002	-	0,43	0,28
Comp .1	0,30	0,8	2,05	< 0,04	< 0,03	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-		Mo: 0,6	0,88	0,50

Tabla 2 Parámetros de proceso específicos para Ejemplos 1-8 de acuerdo con la invención

	Temperatura de calentamiento de losa °C	Tiempo de mantenimiento h	Temperatura de laminado inicial °C	Temperatura de laminado final °C	Procedimiento de enfriamiento	Temperatura de enfriamiento final °C	Grosor de losa mm
Ej. 1	1000	2	950	800	Enfriamiento por agua	Temperatura ambiente	12
Ej. 2	1110	2	1050	838	Enfriamiento por agua	280	21
Ej. 3	1050	2	990	817	Enfriamiento por agua	158	12
Ej. 4	1100	2	1030	833	Enfriamiento por agua	300	16
Ej. 5	1150	2	1110	880	Enfriamiento por agua	250	23
Ej. 6	1090	2	970	825	Enfriamiento por agua	58	15
Ej. 7	1130	2	1080	850	Enfriamiento por agua	121	31
Ej. 8	1200	2	1150	950	Enfriamiento por agua	Temperatura ambiente	35

Prueba 1: prueba de propiedades mecánicas

- 5 Se llevó a cabo un muestreo de acuerdo con el procedimiento de muestreo descrito en el documento GB/T2974, y las placas de acero de baja aleación, fácilmente soldables, de alta resistencia, de gran tenacidad, y resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-8 de la invención se sometieron a una prueba de dureza de acuerdo con el documento GB/T231,1; prueba de impacto de acuerdo con el documento GB/T229; prueba de tracción de acuerdo con el documento GB/T228; y prueba de flexión de acuerdo con el documento GB/T232. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

10

Tabla 3 Propiedades mecánicas de los Ejemplos 1-8 de la invención y del Ejemplo Comparativo 1

	Doblado en frío a 90° D = 3a	Dureza HBW	Propiedades de tracción lateral		Trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a (-40° C), J
			Resistencia a la tracción MPa	Alargamiento %	
Ej. 1	Pasa	390	1165	16%	108
Ej. 2	Pasa	399	1175	16%	99
Ej. 3	Pasa	403	1195	16%	92
Ej. 4	Pasa	411	1215	16%	88
Ej. 5	Pasa	423	1235	15%	83
Ej. 6	Pasa	436	1300	15%	77
Ej. 7	Pasa	450	1365	15%	61
Ej. 8	Pasa	462	1405	14%	55
Comp. 1	-	Aproximadamente 370 (HRC40)	1100	12%	-

- 15 Tal como puede apreciarse en la Tabla 3, las placas de acero de los Ejemplos 1-8 de la invención presentan 1160-1410 MPa de resistencia a la tracción, 14% -16% de alargamiento, 390-470 HBW de dureza Brinell y 50-110J de trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40° C. Esto indica que las placas de acero de la invención no solo se caracterizan por su elevada resistencia, elevada dureza, elevado alargamiento, entre otros, sino que también tienen una excelente resistencia al impacto a baja temperatura. Obviamente, las placas de acero de la invención superan el Ejemplo comparativo 1 en términos de resistencia, dureza y elongación.

- 20 La figura 2 muestra la microestructura de la placa de acero según el Ejemplo 5, que comprende martensita fina y una pequeña cantidad de austenita residual y garantiza que la placa de acero tenga buenos rendimientos mecánicos.

Se obtuvieron microestructuras similares para los otros ejemplos.

Prueba 2: prueba de capacidad de soldadura

Las placas de acero resistentes al desgaste de la invención se dividieron en cinco grupos y se sometieron a una prueba de agrietamiento de soldadura con ranura en Y de acuerdo con el procedimiento de prueba para agrietamiento de soldadura con ranura en Y (documento GB4675.1-84). En la figura 1 se muestra la forma y el tamaño de un cupón de prueba de agrietamiento de soldadura con ranura en Y.

En primer lugar, se formaron unas soldaduras de contención utilizando alambres de soldadura JM-58 ($\Phi 1,2$) de acuerdo con un procedimiento de soldadura con protección de gas rico en Ar. Durante la soldadura, se controló estrictamente la distorsión angular del cupón. Después de la soldadura, se formó la soldadura de práctica tras enfriar a temperatura ambiente. La soldadura de práctica se formó a temperatura ambiente. Después de 48 horas desde que se terminó la soldadura de práctica, la soldadura se examinó en busca de grietas superficiales, grietas de sección y grietas de raíz. Después de la disección, se utilizó un procedimiento de coloración para examinar la superficie, la sección y la raíz de la soldadura, respectivamente. La condición de la soldadura fue de 170Ax25Vx160mm/min.

Las placas de acero de baja aleación, fácilmente soldables, de alta resistencia, de alta tenacidad, y resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-8 de la invención se probaron para determinar la capacidad de soldadura. Los resultados de las pruebas se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4 Resultados de ensayo de la capacidad de soldadura de los Ejemplos 1-8 de la invención

	Temperatura de precalentamiento (° C)	Cupón nº	Velocidad de agrietamiento de superficie %	Velocidad de agrietamiento de raíz %	Velocidad de agrietamiento de sección %	Temperatura ambiental	Humedad relativa
Ej. 1	Sin precalentamiento	1	0	0	0	8 °C	63%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 2	Sin precalentamiento	1	0	0	0	16 °C	60%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 3	Sin precalentamiento	1	0	0	0	19 °C	61%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 4	Sin precalentamiento	1	0	0	0	23 °C	63%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 5	Sin precalentamiento	1	0	0	0	26 °C	66%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 6	Sin precalentamiento	1	0	0	0	32 °C	63%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 7	80 °C	1	0	0	0	27 °C	62%
		2	0	0	0		
		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		
Ej. 8	80 °C	1	0	0	0	33 °C	61%
		2	0	0	0		

		3	0	0	0		
		4	0	0	0		
		5	0	0	0		

Tal como puede apreciarse a partir de la Tabla 4, no aparecieron grietas después de que las placas de acero resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-8 de la invención se soldaron a temperaturas ambientales de 8-33° C sin precalentamiento (o con precalentamiento a 80° C), lo que indica una excelente capacidad de soldadura de las placas de acero resistentes al desgaste de la invención que son especialmente adecuadas para piezas de soldadura de gran tamaño.

Prueba 3: Prueba de resistencia al desgaste

La prueba de resistencia al desgaste se realizó en un medidor de desgaste abrasivo ML-100. Al cortar una muestra, el eje de la muestra era perpendicular a la superficie de la placa de acero, de modo que la superficie de desgaste de la muestra era justo la superficie de deslizamiento de la placa de acero. La muestra se mecanizó según fue necesario en un cilindro escalonado, donde el tamaño de la pieza de prueba era de Φ4mm, y el tamaño de la pieza de sujeción para un accesorio era de Φ5mm. Antes de realizar el ensayo, la muestra se lavó con alcohol, se secó utilizando un soplador, y se pesó en una balanza con una precisión de 1/10000 para determinar el peso de la muestra que se utilizó como peso original. Después, la muestra se montó en un accesorio flexible. La prueba se realizó utilizando un papel de lija de malla 80 a una carga de 42N. Después de la prueba, debido a la abrasión entre la muestra y el papel de lija, la muestra realizó una marca en forma de línea espiral en el papel de lija. La longitud de la línea espiral se calculó con el radio inicial y final de la línea espiral de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{\pi(r_1^2 - r_2^2)}{a}$$

donde r_1 es el radio inicial de la línea espiral, r_2 es el radio final de la línea espiral, y a es la velocidad de avance de la línea espiral. En cada experimento, la muestra se pesó tres veces y se obtuvo un promedio. Después, se calculó la pérdida de peso, y se utilizó la pérdida de peso por metro para representar la tasa de desgaste (mg/M) de la muestra.

Las placas de acero de baja aleación, fácilmente soldables, de alta resistencia, de alta tenacidad, y resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-8 de la invención se probaron para determinar la resistencia al desgaste. La Tabla 5 muestra los resultados de las pruebas de desgaste del tipo de acero de los Ejemplos de la invención y el acero del Ejemplo comparativo 2 (la dureza de la placa de acero del Ejemplo comparativo 2 era de 360 HBW).

Tabla 5 Resultados de las pruebas de desgaste de los Ejemplos 1-8 de la invención y el Ejemplo Comparativo 2

Tipo de acero	Temperatura de prueba	Condiciones de prueba de desgaste	Índice de desgaste (mg/M)
Ej. 1	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	9,253
Ej. 2	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	9,107
Ej. 3	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	8,985
Ej. 4	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	8,823
Ej. 5	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	8,711
Ej. 6	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	8,567
Ej. 7	Temperatura ambiente	80 malla de papel de lija / carga 42N	8,358
Ej. 8	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	8,236
Comp. 2	Temperatura ambiente	papel de lija malla 80/carga 42N	10,673

Tal y como puede apreciarse a partir de la Tabla 5, bajo tales condiciones de uso, las placas de acero de la invención de baja aleación, fácilmente soldables, de alta resistencia, resistentes y resistentes al desgaste tienen una mejor resistencia al desgaste que la placa de acero del Ejemplo Comparativo 2.

5 El acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención incorpora pequeñas cantidades de elementos tales como Nb, etc. además de C, Si, Mn y elementos similares en su composición química y, por lo tanto, se caracteriza así por una composición simple, bajo coste, etc. Se utiliza un proceso TMCP para producir la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención sin temple, revenido, y otros procedimientos de tratamiento térmico fuera de línea y, por lo tanto, se caracteriza por un flujo de producción corto, una alta eficiencia de producción, un menor consumo de energía, un menor coste de producción, etc. La placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una alta resistencia, una gran dureza y especialmente una resistencia a temperaturas muy elevadas, y la placa de acero producida de acuerdo con la invención presenta una excelente capacidad de soldadura. El acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una microestructura que comprende principalmente 10 martensita fina y austenita residual, en la que la fracción volumétrica de la austenita retenida es $\leq 5\%$; y tiene una resistencia a la tracción de 1160-1410 MPa, un alargamiento de 14-16%, una dureza Brinell de 390-470 HBW, un trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40°C de 50-110J, que facilita una buena correspondencia entre resistencia, dureza y tenacidad de la chapa de acero resistente al desgaste. Por lo tanto, la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la invención presenta ventajas notables.

15

REIVINDICACIONES

1. Placa de acero resistente al desgaste, que consiste en los siguientes componentes químicos en porcentajes en peso: C: 0,11-0,19%, Si: 0,15-0,45%, Mn: 1,10-1,80%, $0 \leq P: 0,015\%$, $0\% \leq S: 0,010\%$, Nb: 0,010-0,040%, Al: 0,010-0,080%, B: 0,0006-0,0014%, Ti: 0,005-0,050%, Ca: 0,0010-0,0080%, $0\% \leq V \leq 0,080\%$, $0\% \leq Cr \leq 0,40\%$, $0\% \leq N \leq 0,0080\%$, $0\% \leq O \leq 0,0060\%$, $0\% \leq H \leq 0,0004\%$, en el que $0,025\% \leq Nb+Ti \leq 0,080\%$, $0,030\% \leq Al + Ti \leq 0,12\%$, y siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
2. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1, en la que Si: 0,15-0,40%.
3. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que Mn: 1,20-1,70%.
4. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que $0\% \leq P \leq 0,010\%$, $0 \leq S \leq 0,005\%$.
5. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en la que Nb: 0,010-0,035%.
6. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en la que Al: 0,020-0,060%.
7. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que B: 0,0008-0,0014%.
8. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en la que Ti: 0,005-0,045%.
9. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en la que Ca: 0,0010-0,0060%.
10. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en la que $0\% \leq V \leq 0,060\%$, $0\% \leq N \leq 0,0050\%$, $0\% \leq O \leq 0,0040\%$, $0\% \leq H \leq 0,0003\%$.
11. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en la que $0,035\% \leq Nb+Ti \leq 0,070\%$, $0,040\% \leq Al+Ti \leq 0,11\%$.
12. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en la que la resistencia a la tracción es 1160-1410 MPa; el alargamiento es de 14% -16%; la dureza Brinell es 390-470 HBW; y el trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40° C es de 50-110J.
13. Procedimiento para fabricar la placa de acero resistente al desgaste de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende en secuencia las etapas de fusión, fundición, calentamiento, laminado y enfriamiento directo posterior al laminado, en el que
 - en la etapa de calentamiento, la temperatura de calentamiento es de 1000-1200° C y el tiempo de mantenimiento es de 1-2 horas;
 - en la etapa de laminado, la temperatura de laminado inicial es de 950-1150° C y la temperatura de laminado final es de 800-950° C; y
 - en la etapa de enfriamiento, se utiliza enfriamiento por agua y la temperatura de enfriamiento final es de temperatura ambiente a 300° C.
14. Procedimiento para fabricar la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el tiempo de mantenimiento es de 1-2 horas o 2 horas, la temperatura para calentar una losa es de 1000-1150° C, la temperatura de laminado inicial es de 950-1100° C y la temperatura de laminado final es de 800-900° C, la temperatura de enfriamiento final es de temperatura ambiente a 280° C.

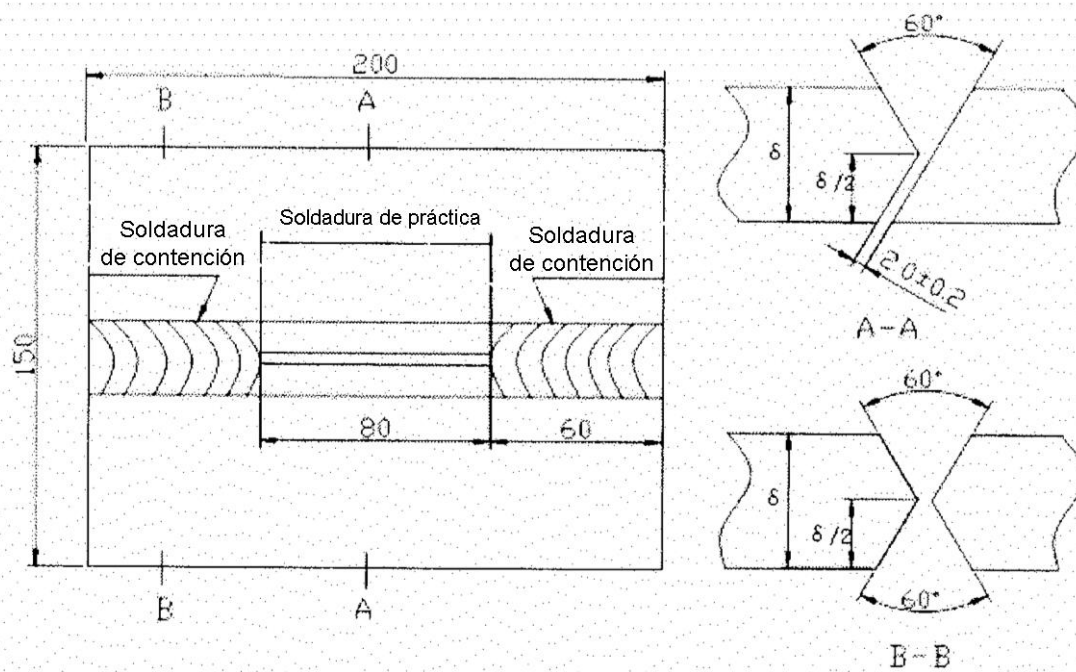


Fig. 1

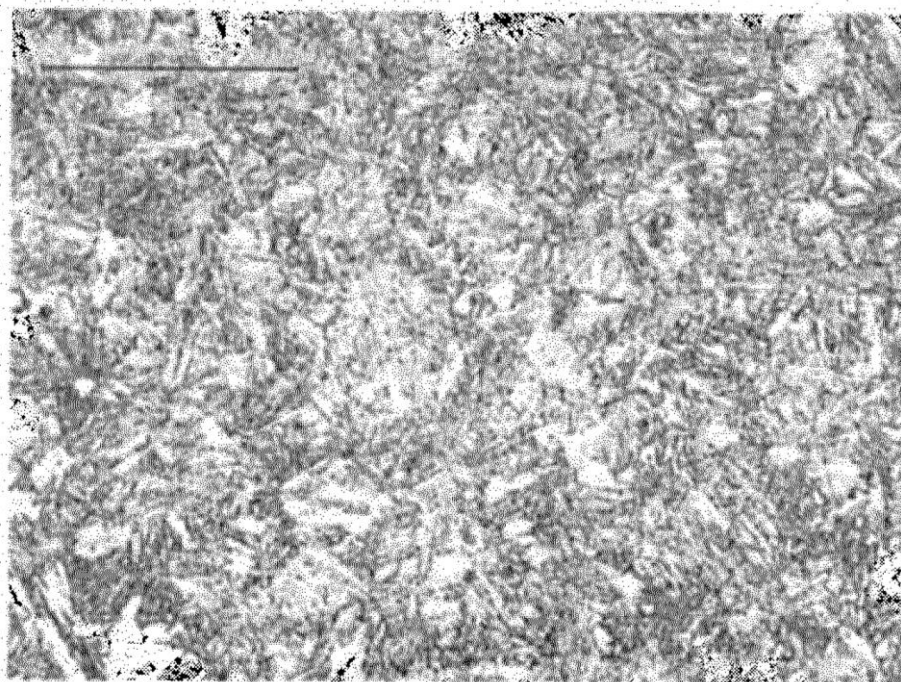


Fig. 2