

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 904**

51 Int. Cl.:

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.01.2013 PCT/CN2013/071188**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.02.2014 WO2014019354**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2013 E 13763171 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2881485**

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

30 Prioridad:
31.07.2012 CN 201210270193

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.06.2017

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 2 620 904 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 de preparación de la misma.

5 Campo técnico

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

Estado de la técnica

10 La placa de acero resistente al desgaste se utiliza ampliamente para productos mecánicos para su uso en ingeniería, minería, agricultura, producción de cemento, puertos, energía eléctrica, metalurgia y similares, en el que las condiciones de funcionamiento son particularmente terribles, y se requieren unas prestaciones de alta resistencia, así como de alta resistencia al desgaste. Puede mencionarse, por ejemplo, un buldócer, una cargadora, una excavadora, un volquete y una cuchara excavadora, una apiladora recogedora, una estructura de recodos de suministro, etc.

15 En las últimas décadas, el desarrollo y la aplicación de acero resistente al desgaste crece rápidamente. En general, el contenido en carbono se aumenta y se añaden cantidades adecuadas de elementos traza tales como cromo, molibdeno, níquel, vanadio, tungsteno, cobalto, boro, titanio y similares para mejorar las prestaciones mecánicas del acero resistente al desgaste, sacando el máximo provecho de varios 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, un aumento del contenido de aleación da lugar a un aumento de los costes y a una soldabilidad degradada. Estos inconvenientes limitan otros desarrollos del acero resistente al desgaste.

20 No obstante, la resistencia al desgaste de un material depende principalmente de su dureza, y la rugosidad tiene una influencia importante en la resistencia al desgaste del material, también. Bajo condiciones de trabajo complicadas, no puede garantizarse una buena resistencia al desgaste y una larga vida útil de un material aumentando la dureza del material solo. Un ajuste de los componentes y el proceso de tratamiento térmico, y un control de una adecuada correspondencia entre la dureza y la rugosidad del acero resistente al desgaste de baja aleación, puede resultar en unos rendimientos mecánicos generales superiores, por lo que pueden satisfacerse los requisitos de diferentes condiciones de desgaste.

35 JP H09-118950A describe un acero resistente al desgaste de alta dureza y alta tenacidad, en el que el acero no comprende azufre, y el contenido de elementos de aleación tales como elementos de tierras raras, etc. son diferentes de los de la presente invención.

40 JP H09-249935 describe un tubo de acero sin soldadura, en el que las diferencia entre esta descripción y la presente invención residen en que: el acero de la solicitud japonesa comprende, además, Mo como elemento esencial, el cual no está contenido en el acero de la presente invención; y el acero de la solicitud japonesa no comprende elementos de tierras raras.

45 JP H04-116137 describe una lámina de acero laminada en frío de alto contenido en carbono que no contiene elementos de tierras raras y menos Cr.

JP 2012-31510 describe una lámina de acero resistente al desgaste que comprende diferentes contenidos de elementos de aleación tales como C, B, Ca, etc.

50 CN 102134682 A describe una lámina de acero resistente al desgaste que no comprende Nb, comprende Mo como componente esencial, y tiene una cantidad B diferente de la presente invención.

55 CN1140205A describe un acero resistente al desgaste que tiene un contenido en carbono medio y un contenido en aleación medio, cuyos contenidos en carbono y en elementos de aleación (Cr, Mo, etc.) son superiores a los de la presente invención. Esto conducirá inevitablemente a una mala soldabilidad y maquinabilidad.

60 CN1865481A describe un acero de bainita resistente al desgaste que tiene un mayor contenido en elementos de aleación (Si, Mn, Cr, Mo, etc.) y unas propiedades mecánicas más pobres en comparación con la presente invención.

Descripción

El objetivo de la invención es una placa de acero resistente al desgaste, de alta dureza y alta tenacidad realizando una correspondencia entre una alta dureza y una alta tenacidad en base a la adición de elementos de aleación traza,

con el fin de conseguir una maquinabilidad superior, lo que beneficia la amplia aplicación de la placa de acero en ingeniería.

5 Con el fin de conseguir el objetivo anterior, se dispone la placa de acero resistente al desgaste, de alta dureza y alta tenacidad, de acuerdo con la reivindicación 1.

10 Otro objetivo de la invención es un procedimiento para fabricar la placa de acero resistente al desgaste de alta dureza y alta tenacidad mencionada anteriormente, en el que el procedimiento comprende, en secuencia, las etapas de fusión, fundición, calentamiento, laminado y enfriamiento, etc. En la etapa de calentamiento, el material se calienta a 1000-1250 °C. En la etapa de laminado, la temperatura de laminado inicial es 950-1200 °C y la temperatura de laminado final es 800-950 °C. En la etapa de enfriamiento directo tras el laminado, se utiliza enfriamiento por agua y la temperatura de enfriamiento final es entre temperatura ambiente y 300 °C.

15 Debido al contenido en carbono y elementos de aleación científicamente diseñado de acuerdo con la invención, la placa de acero presenta unas excelentes prestaciones mecánicas (resistencia, dureza, elongación, resistencia al impacto, entre otras) y una resistencia al desgaste resultante de la función de refinado y refuerzo de los elementos de aleación traza, así como un control en el refinado y el efecto de refuerzo de procesos de laminado y enfriamiento.

20 El contenido de carbono y aleación traza se controlan estrictamente de acuerdo con la invención diseñando razonablemente la composición química (los contenidos y proporciones de C, Si, Mn, Nb y otros elementos). El coste de producción de acero resistente al desgaste se reduce en gran medida debido a la ausencia de elementos tales como Mo, Ni y similares.

25 La placa de acero de acuerdo con la invención presenta una dureza muy elevada y una buena resistencia al impacto, entre otras, es fácil para el mecanizado, tal como corte, doblado, etc., y tiene muy buena aplicabilidad.

30 La placa de acero de alta dureza, alta resistencia, y resistente al desgaste de acuerdo con la invención tiene una dureza Brinell de 570-630HBW, y un trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40 °C de 40-60J. Preferiblemente, la dureza Brinell es 600-630HBW. Presenta unas excelentes propiedades mecánicas y una buena aplicabilidad.

La invención difiere principalmente del acero de la técnica anterior en los siguientes aspectos:

35 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 C, Si, Mn y elementos similares y, por lo tanto, se caracteriza por una composición simple, bajo coste, etc.;

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

45 En cuanto a la propiedad del producto, la placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la patente de invención tiene una alta dureza y alta tenacidad a baja temperatura;

50 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 alta dureza y la tenacidad de la placa de acero resistente al desgaste.

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

Descripción de dibujos

60 La figura 1 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 unas buenas propiedades mecánicas.

Descripción detallada

A continuación, se describirán en detalle las funciones de los componentes químicos de la placa de acero de alta dureza, alta resistencia, resistente al desgaste de acuerdo con la invención.

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

5 Diseñando científicamente especies elementales y sus contenidos, el tipo de acero de acuerdo con la invención ha logrado una buena coincidencia entre súper resistencia, súper dureza y alta tenacidad en base a la adición de elementos de aleación traza, y presenta una soldabilidad superior.

10 Carbono: El carbono es el elemento más básico e importante en un acero resistente al desgaste. Puede mejorar la resistencia y la dureza del acero, y mejorar, además, la resistencia al desgaste del acero. Sin embargo, es desfavorable para la tenacidad y la soldabilidad del acero. Por lo tanto, el contenido en carbono en el acero se controlará razonablemente para que sea 0,36-0,45%, preferiblemente 0,37-0,44%.

15 Silicio: El silicio forma una solución sólida en ferrita y austenita para mejorar su dureza y resistencia. Sin embargo, excesivo silicio disminuirá bruscamente la tenacidad del acero. Mientras tanto, debido a una afinidad del silicio con el oxígeno mejor que con el hierro, tiende a generarse fácilmente silicato el cual presenta un bajo punto de fusión durante la soldadura, lo que aumenta la escoria y la movilidad de los metales fundidos, y afecta, por lo tanto, a la calidad de la soldadura. Por lo tanto, el contenido en silicio debe controlarse estrictamente. El contenido en silicio en la invención se controla para que sea 0,10-0,30%, preferiblemente 0,10-0,28%.

20 Manganeso: El manganeso aumenta significativamente la templabilidad del acero, y disminuye la temperatura de transición del acero resistente al desgaste y la velocidad de enfriamiento crítica del acero. Sin embargo, un mayor contenido en manganeso tiende a engrosar los granos, aumentar la sensibilidad a la fragilización de temple del acero, lo que resulta en segregación y agrietamiento fácilmente en el bloque fundido, y se degradan las prestaciones de la placa de acero. En la invención, el contenido de manganeso se controla para que sea 0,40-1,00%,
25 preferiblemente 0,40-0,90%.

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

35 Aluminio: El aluminio y el nitrógeno en el acero pueden formar partículas de AlN finas insolubles para refinar granos de acero. El aluminio puede refinar granos de acero, inmovilizar el nitrógeno y el oxígeno en el acero, disminuir la sensibilidad al efecto de 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 0,010-0,080%, preferiblemente 0,020-0,060%.

40 Boro: El boro mejora la templabilidad del acero, pero un contenido excesivo dará lugar a fragilidad en caliente, y un impacto en la trabajabilidad en caliente del acero. En la invención, el contenido de boro se controla para que sea 0,0010-0,0020%, preferiblemente 0,0010-0,0018%.

45 Titanio: El titanio es uno de los elementos que tienen una fuerte tendencia a formar carburos, y forma partículas de TiC finas con carbono. Las partículas de TiC son muy pequeñas, y se distribuyen a lo largo del límite del cristal, con el fin de tener el efecto de los granos de refinado. Unas partículas de TiC más duras aumentarán la resistencia al desgaste del acero. En la invención, el titanio se controla para que sea 0,005-0,050%, preferiblemente 0,010-0,045%.

50 La adición de niobio y titanio en combinación puede resultar en un mejor efecto en el refinado del grano, reducir el tamaño de grano de la austenita original, favorecer el torneado de la martensita después del refinado y el temple, y aumentar la resistencia y la resistencia al desgaste. La insolubilidad de TiN y similares, a alta temperatura, puede evitar que los granos en la zona afectada por el calor se engrosen y mejorar la tenacidad de la zona afectada por el calor, para así mejorar la soldabilidad del acero. Por lo tanto, el contenido de niobio y titanio cumple la siguiente
55 relación: $0,025\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,080\%$, preferiblemente $0,035\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} \leq 0,070\%$.

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

5 Calcio: El calcio tiene un efecto notable en la transformación de las inclusiones en acero fundido. La adición de una cantidad adecuada de calcio en acero fundido puede transformar las inclusiones de sulfuro a modo de tira larga en el acero fundido en inclusiones esféricas de CaS o (Ca, Mn)S. Las inclusiones de óxido y sulfuro de calcio formados a partir de calcio tienen densidades más pequeñas y, por lo tanto, son más fáciles para flotación y eliminación. El calcio también puede inhibir el agrupamiento de azufre a lo largo del límite de cristal notablemente. Éstos son todos favorables para aumentar la calidad del acero fundido y, por lo tanto, mejorar las prestaciones del acero. Cuando hay una cantidad relativamente grande de inclusiones, la adición de calcio muestra un efecto obvio, y ayuda a garantizar las propiedades mecánicas del acero, en particular, la tenacidad. En la invención, el calcio se controla para que sea 0,0010-0,0080%, preferiblemente 0,0010-0,0060%.

10 Vanadio: El vanadio puede añadirse principalmente para el refinado de granos, de modo que no crecerán indebidamente granos de austenita en la etapa de calentamiento del bloque. Como tal, en las diversas series posteriores de rodadura, los granos de acero pueden refinarse adicionalmente para aumentar la resistencia y la tenacidad del acero. En la invención, el vanadio se controla para que sea 0,035-0,080%, preferiblemente $\leq 0,060\%$.

15 Cromo: El cromo puede retardar la velocidad de enfriamiento crítica y mejorar la templabilidad del acero. Pueden formarse diversos carburos, tales como $(Fe, Cr)_3C$, $(Fe, Cr)_7C_3$ y $(Fe, Cr)_{23}C_7$, etc., a partir de cromo en el acero para mejorar la resistencia y la dureza. Durante el templado, el cromo puede impedir o ralentizar la precipitación y la agregación de los carburos, por lo que se aumenta la estabilidad del templado del acero. En la invención, puede añadirse cromo y se controla para que sea 0,035-1,0%, preferiblemente 0,35-0,10%, todavía preferiblemente $\leq 0,80\%$.

20 Tierras raras: Puede añadirse tierras raras al acero para disminuir la segregación de azufre, fósforo y otros elementos, y mejorar la forma, tamaño y distribución de inclusiones no metálicas. También puede refinar granos y aumentar la dureza, también. Además, las tierras raras pueden aumentar la relación de tracción, y ayudar a mejorar la resistencia-tenacidad del acero de alta resistencia y baja aleación. Un alto contenido en tierras raras es indeseable. De lo contrario, se producirá una segregación grave, y las propiedades de calidad y mecánicas del bloque fundido se verán perjudicadas. En la invención, el contenido en tierras raras se controla para que sea 0,05-0,10%, preferiblemente $\leq 0,08\%$.

25 Fósforo y azufre: El azufre y el fósforo son dos elementos nocivos en el acero resistente al desgaste. Sus contenidos tienen que controlarse estrictamente. En el acero del tipo de acuerdo con la invención, el contenido en fósforo se controla para sea 0,0070-0,015%, preferiblemente $\leq 0,010\%$; y el contenido en azufre es 0,002-0,010%, preferiblemente $\leq 0,005\%$.

30 Nitrógeno, oxígeno e hidrógeno: excesivo oxígeno y nitrógeno en el acero son bastante indeseables para las propiedades del acero, especialmente la soldabilidad 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 en nitrógeno se controla para que sea 0,0026-0,0080%, preferiblemente $< 0,0050\%$; el contenido en oxígeno es 0,0021-0,0060%, preferiblemente $\leq 0,0040\%$; y el contenido en hidrógeno es 0,0002-0,0004%, preferiblemente $\leq 0,0003\%$.

35 El procedimiento de fabricación de la placa de acero de alta dureza, alta tenacidad, resistente al desgaste anterior de acuerdo con la invención comprende, en secuencia, las etapas de fusión, fundición, calentamiento, laminado y enfriamiento directo de laminado posterior, etc. En la etapa de calentamiento, el material se calienta a 1000-1250 °C. En la etapa de laminado, la temperatura de laminado inicial es 950-1200 °C y la temperatura de laminado final es 800-950 °C. En la etapa de enfriamiento, se utiliza enfriamiento por agua y la temperatura de enfriamiento final es entre temperatura ambiente y 300 °C.

40 Preferiblemente, en el proceso de calentamiento, la temperatura de calentamiento es 1000-1200 °C, más preferiblemente 1050-1200 °C. Con el fin de garantizar la una suficiente difusión de carbono y de elementos de aleación, y prevenir el crecimiento excesivo de los granos de austenita y una oxidación severa de la superficie del bloque, la temperatura de calentamiento es más preferiblemente de 1050-1150 °C.

45 Preferiblemente, la temperatura de laminado inicial: 950-1150 °C; la temperatura final de laminado final: 800-900 °C; más preferiblemente, la temperatura de laminado inicial: 950-1120 °C; la temperatura de laminado final: 810-900 °C; y más preferiblemente, la temperatura de laminado inicial: 980-1100 °C, la temperatura de laminado final: 810-890 °C. Preferiblemente, la temperatura de enfriamiento final es entre temperatura ambiente y 280 °C, más preferiblemente entre temperatura ambiente y 250 °C, más preferiblemente entre temperatura ambiente y 200 °C.

Tabla 1 Composiciones químicas de los Ejemplos 1-6 de acuerdo con la invención y el Ejemplo Comparativo 1 (% en peso)

	C	Si	Mn	P	S	Nb	Al	B	Ti	Ca	V	Cr	RE	N	O	H	Otros
Ej. 1	0,36	0,28	1,00	0,015	0,005	0,040	0,020	0,0010	0,010	0,0080	0,080	0,58	0,08	0,0080	0,0060	0,0004	-
Ej. 2	0,37	0,21	0,90	0,009	0,003	0,020	0,060	0,0015	0,050	0,0020	0,060	1,00	0,06	0,0050	0,0028	0,0003	-
Ej. 3	0,39	0,30	0,73	0,010	0,010	0,010	0,038	0,0018	0,025	0,0050	/	/	0,10	0,0044	0,0021	0,0002	-
Ej. 4	0,42	0,23	0,58	0,008	0,004	0,020	0,035	0,0013	0,005	0,0010	/	/	/	0,0035	0,0040	0,0003	-
Ej. 5	0,44	0,16	0,51	0,009	0,002	0,035	0,010	0,0020	0,045	0,0060	0,03C	0,35	/	0,0026	0,0027	0,0002	-
Ej. 6	0,45	0,10	0,40	0,007	0,002	0,021	0,080	0,0016	0,040	0,0030	0,041	0,80	0,05	0,0031	0,0021	0,0002	-
Comp. 1	0,52	0,8	0,51	< 0,024	< 0,03	-	-	-	-	-	0,3	4,2	0,035	-	-	-	Mo:0,5

Ejemplos

5 La Tabla 1 muestra los porcentajes en masa de los elementos químicos en las placas de acero de acuerdo con los Ejemplos 1-6 de la invención y el Ejemplo Comparativo 1 (CN1140205A).

Las materias primas para la fundición se sometieron al proceso de fabricación de acuerdo con las siguientes etapas: fusión → fundición → calentamiento → laminado → enfriamiento directo de laminado posterior.

10 Los parámetros específicos del proceso para los Ejemplos 1-6 y el Ejemplo Comparativo 1 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros de proceso específicos para los Ejemplos 1-6 de acuerdo con la invención

Ejemplos	Temperatura de calentamiento de la plancha °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 la placa de acero mm
1	1000	2	950	800	Enfriamiento por agua	300	12
2	1150	2	1100	839	Enfriamiento por agua	95	28
3	1120	2	1050	827	Enfriamiento por agua	200	15
4	1050	2	980	810	Enfriamiento por agua	128	21
3	1200	2	1150	900	Enfriamiento por agua	55	16
6	1250	2	1200	950	Enfriamiento por agua	Temperatura ambiente	19

15 Prueba 1: Prueba de propiedades mecánicas

El muestreo se llevó a cabo de acuerdo con el procedimiento de muestreo descrito en GB/T2974, y las placas de acero de alta dureza, alta resistencia y resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-6 de la invención fueron sometidas a la prueba de dureza de acuerdo con GB/T231.1 y a una prueba de impacto de acuerdo con GB/T229. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Propiedades mecánicas de los Ejemplos 1-6 de la invención y el Ejemplo Comparativo 1

	Dureza, HBW	Trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V (-40 °C) J
Ej. 1	577	55
Ej. 2	595	46
Ej. 3	602	56
Ej. 4	613	59
Ej. 5	619	49
Ej. 6	628	42
Comp. 1	Aprox. 550 (HRC54)	-

25 Tal como puede apreciarse en la Tabla 3, las placas de acero de los Ejemplos 1-6 de la invención presentan 570-630HBW de dureza, y 40-60J de trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40 °C. Esto indica que las placas de acero de la invención presentan unas excelentes propiedades mecánicas. Las placas de acero de la invención tienen una dureza más alta que la placa de acero del Ejemplo Comparativo 1, y presentan una tenacidad al impacto relativamente buena.

30

La figura 1 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 tiene buenas propiedades mecánicas.

5 Se obtuvieron unas microestructuras similares para los otros ejemplos.

Prueba 2: Prueba de resistencia al desgaste

La prueba de resistencia al desgaste se realizó en un medidor de desgaste por abrasión ML-100. Al cortar una muestra, el eje de la muestra quedó perpendicular a la superficie de la placa de acero, de modo que la superficie de desgaste de la muestra era justamente la superficie de rodadura de la placa de acero. La muestra se mecanizó tal como se requiere en un cilindro escalonado, en el que el tamaño de la pieza de prueba fue de $\Phi 4\text{mm}$, y el tamaño de la parte de sujeción para un elemento de sujeción era de $\Phi 5\text{mm}$. Antes de la prueba, la muestra se lavó con alcohol, se secó con un soplador, y se pesó en una balanza con una precisión de $1/10000$ para el peso de la muestra el cual se utilizó como peso original. A continuación, la muestra se dispuso en un elemento de sujeción flexible. La prueba se llevó a cabo 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 trazó una línea en espiral sobre el papel de lija. La longitud de la línea en espiral se calculó con los radios inicial y final de la línea en espiral de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$20 \quad S = \frac{\pi(r_1^2 - r_2^2)}{a}$$

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

Las placas de acero de alta dureza, alta tenacidad, resistentes al desgaste de los Ejemplos 1-6 de la invención se evaluaron para determinar la resistencia al desgaste. Tabla 4 muestra los resultados de 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 fue 550HBW).

Tabla 4 Resultados de las pruebas de desgaste de los Ejemplos 1-6 de la invención y el Ejemplo Comparativo

Tipo de acero	Temperatura de la prueba	Condiciones de la prueba de desgaste	Velocidad de desgaste (mg / M)
Ej. 1	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	6,223
Ej. 2	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	5.951
Ej. 3	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	5.693
Ej. 4	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	5.492
Ej. 5	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	5.318
Ej. 6	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	5.203
Comp. 2	Temperatura ambiente	Papel de lija de malla 80 / carga 42N	6.656

35 Tal como puede verse a partir de la Tabla 4, en tales condiciones de uso, las placas de acero de alta dureza, alta tenacidad, resistentes al desgaste de la invención presentan una resistencia al desgaste mejor que la placa de acero del Ejemplo Comparativo 2.

El contenido en carbono y aleación de traza se controlan estrictamente de acuerdo con la invención diseñando razonablemente la composición química (los contenidos y proporciones de C, Si, Mn, Nb y otros elementos). El coste de producción del acero resistente al desgaste se reduce en gran medida debido a la ausencia de elementos tales como Mo, Ni y similares. La placa de acero de acuerdo con la invención tiene una dureza muy alta y una buena resistencia al impacto, entre otras cosas, es fácil de mecanizar, tal como cortar, doblar, etc., y tiene muy buena aplicabilidad. La placa de acero de alta dureza, alta tenacidad, resistente al desgaste producida de acuerdo con la invención presenta 570-630HBW de dureza, y 40-60J de trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a -40 °C. Presenta unas excelentes propiedades mecánicas y una muy buena aplicabilidad.

REIVINDICACIONES

1. Placa de acero resistente al desgaste, que consiste en los siguientes componentes químicos en porcentajes en peso: C: 0,36-0,45%, Si: 0,10-0,30%, Mn: 0,40-1,00%, $0,007\% \leq P \leq 0,015\%$, $0,002\% \leq S \leq 0,010\%$, Nb: 0,010-0,040%, Al: 0,010-0,080%, B: 0,0010-0,0020%, Ti: 0,005-0,050%, Ca: 0,0010-0,0080%, $0,035\% \leq V \leq 0,080\%$ opcional, $0,35\% \leq Cr \leq 1,00\%$ opcional, $0,05\% \leq RE \leq 0,10\%$ opcional, $0,0026\% \leq N \leq 0,0080\%$, $0,0021\% \leq O \leq 0,0060\%$, $0,0002\% \leq H \leq 0,0004\%$. 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, en el que V, Cr y RE son elementos opcionales;
- 5 en el que la microestructura de la placa acero resistente al desgaste consiste en martensita y austenita residual, y la fracción de volumen de la austenita residual es $\leq 5\%$; y
- 10 en el que la placa acero resistente al desgaste tiene una dureza Brinell de 570-630HBW; y tiene un trabajo de impacto longitudinal Charpy de entalla en V a $-40\text{ }^\circ\text{C}$ de 40-60J.
- 15 2. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por el hecho de que C: 0,37-0,44%.
- 20 3. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada por el hecho de que Si: 0,10-0,28%.
4. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizada por el hecho de que Mn: 0,40-0,90%.
- 25 5. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizada por el hecho de que $0,007\% \leq P \leq 0,010\%$, y $0,002\% \leq S \leq 0,005\%$.
6. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, caracterizada por el hecho de que Nb: 0,010-0,035%.
- 30 7. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, caracterizada por el hecho de que Al: 0,020-0,060%.
8. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, caracterizada por el hecho de que B: 0,0010-0,0018%.
- 35 9. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8, caracterizada por el hecho de que Ti: 0,010-0,045%.
- 40 10. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9, caracterizada por el hecho de que Ca: 0,001-0,006%.
- 45 11. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-10, caracterizada por el hecho de que $0,035\% \leq V \leq 0,060\%$ opcional, $0,35\% \leq Cr \leq 0,80\%$ opcional, $0,05\% \leq RE \leq 0,08\%$ opcional, $0,0026\% \leq N \leq 0,0050\%$, $0,0021\% \leq O \leq 0,0040\%$, $0,0002\% \leq H \leq 0,0003\%$, en el que V, Cr y RE son elementos opcionales.
- 50 12. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-11, caracterizada por el hecho de que $0,035\% \leq Nb+Ti \leq 0,070\%$, $0,040\% \leq Al+Ti \leq 0,11\%$.
13. Placa de acero resistente al desgaste de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-12, caracterizada por el hecho de que tiene una dureza Brinell de 600-630HBW.
- 55 14. Procedimiento de fabricación de la placa de acero resistente al desgaste de cualquiera de las reivindicaciones 1-13, que comprende, en secuencia, las etapas de fusión, fundición, calentamiento, laminado y enfriamiento directo de laminado posterior; en el que
- 60 en la etapa de calentamiento, la temperatura de calentamiento es $1000-1250\text{ }^\circ\text{C}$ y el tiempo de mantenimiento es de 1-2 horas:
- en la etapa de laminado, la temperatura inicial de laminado es $950-1200\text{ }^\circ\text{C}$ y la temperatura de laminado final es $800-950\text{ }^\circ\text{C}$; y

en la etapa de enfriamiento directo tras el laminado, se utiliza enfriamiento por agua y la temperatura de enfriamiento final es entre temperatura ambiente y 300 °C.

- 5 15. Procedimiento de fabricación de la placa de acero resistente al desgaste según la reivindicación 14, en el que la temperatura para el calentamiento de una plancha es 1000-1200 °C en la etapa de calentamiento; la temperatura de laminado inicial es 950-1150 °C y la temperatura de laminado final es 800-900 °C en laminado en bruto; la temperatura de enfriamiento final es entre temperatura ambiente y 280 °C; y el tiempo de mantenimiento es de 1-2 horas o 2 horas.

Á
Á

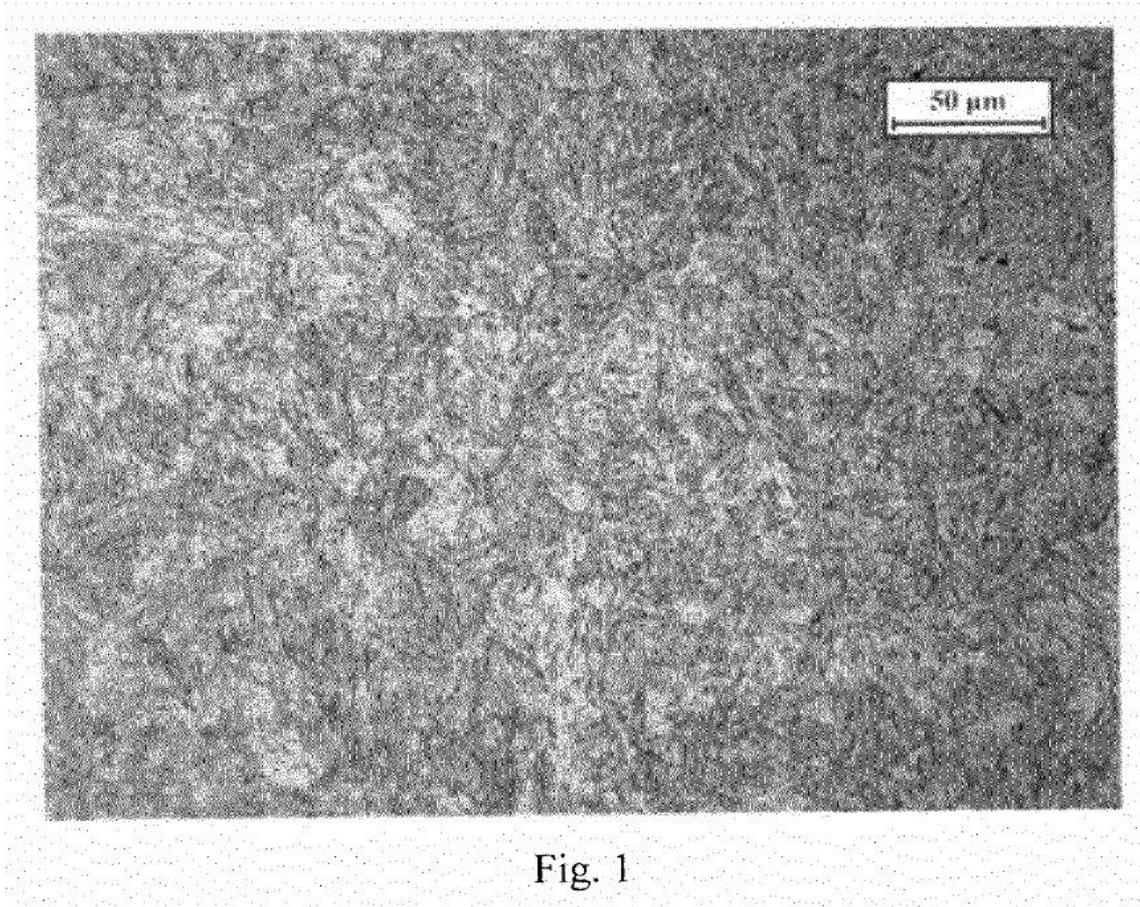


Fig. 1