



(11) BR 112015005986-4 B1



(22) Data do Depósito: 13/09/2013

República Federativa do Brasil

Ministério da Economia

Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(45) Data de Concessão: 13/08/2019

(54) Título: PLACA DE AÇO RESISTENTE À ABRASÃO QUE TEM EXCELENTE TENACIDADE À BAIXA TEMPERATURA E EXCELENTE RESISTÊNCIA AO DESGASTE CORROSIVO

(51) Int.Cl.: C22C 38/38; C22C 38/60; C21D 8/02.

(30) Prioridade Unionista: 19/09/2012 JP 2012-205305.

(73) Titular(es): JFE STEEL CORPORATION.

(72) Inventor(es): SHINICHI MIURA; KEIJI UEDA; NOBUYUKI ISHIKAWA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2013005434 de 13/09/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/045553 de 27/03/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 18/03/2015

(57) Resumo: RESUMO Patente de Invenção: "PLACA DE AÇO RESISTENTE À ABRASÃO QUE TEM EXCELENTE TENACIDADE À BAIXA TEMPERATURA E EXCELENTE RESISTÊNCIA AO DESGASTE CORROSIVO". A presente invenção refere-se a uma placa de aço resistente à abrasão que tem excelente tenacidade à baixa temperatura e resistência ao desgaste corrosivo. Uma placa de aço resistente à abrasão tendo excelente tenacidade à baixa temperatura e resistência ao desgaste corrosivo contendo, em percentual em massa, 0,10% a 0,20% de C, 0,05% a 1,00% de Si, 0,1% a 2,0% de Mn, não mais do que 0,020% de P, não mais que 0,005% de S e 0,005% a 0,100% de Al, e contendo adicionalmente um ou dois tipos de elementos selecionados dentre 0,05% a 2,0% de Cr e 0,05% a 1,0% de Mo, e satisfazendo a condição de que a quantidade de teor de Cr de solução sólida do aço (Crsol) e a quantidade de teor de Mo de solução sólida do aço (Mosol) é 0,05 ? (Crsol+2,5 Mosol) ? 2,0, tendo uma estrutura de componente que compreende um restante de Fe e impurezas inevitáveis, com o uso de uma fase de martensita na condição de arrefecida como uma fase principal, que tem uma estrutura na qual o tamanho de grão de austenita anterior não é maior que 30 ?m, e tendo adicionalmente a dureza (...).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "PLACA DE AÇO RESISTENTE À ABRASÃO QUE TEM EXCELENTE TENACIDADE À BAIXA TEMPERATURA E EXCELENTE RESISTÊNCIA AO DESGASTE CORROSIVO".

CAMPO DA TÉCNICA

[0001] A presente invenção refere-se a uma placa de aço resistente à abrasão usada de maneira adequada para partes de máquinas industriais, máquinas de transporte e similares. A placa de aço resistente à abrasão, de acordo com a presente invenção, tem excelente tenacidade à baixa temperatura e se refere a uma placa de aço resistente à abrasão que pode ser usada de maneira adequada como partes que são usadas em locais em que o desgaste ou a abrasão gerada devido a um contato da placa de aço resistente à abrasão com terra e areia contendo água deve ser particularmente levado em consideração.

TÉCNICA ANTECEDENTE

[0002] De maneira convencional, em relação a partes para máquinas industriais, máquinas de transporte e similares tais como, por exemplo, uma escavadeira, um buldôzer, uma tremilha, uma caçamba ou um caminhão basculante usados em um sítio de construção, um sítio de engenharia civil, uma mina ou similar, o desgaste é gerado devido a um contato da parte com a terra, areia ou similar. Assim, ao fabricar as partes mencionadas acima, um material de aço que tem excelente resistência à abrasão é usado para estender a vida útil das partes. Em um ambiente em uso real, vários estados tais como um estado seco ou um estado úmido são considerados como um estado de terra, areia ou similar. Particularmente, pode haver um caso em que terra, areia ou similar em um estado úmido contém um material corrosivo. Assim, o desgaste devido à terra, à areia ou similar, em um estado úmido, se torna desgaste em um ambiente que contém o material

corrosivo, ou seja, denominado desgaste corrosivo. Esse desgaste corrosivo tem sido conhecido como um ambiente de desgaste extremamente severo. Tendo em vista o que foi dito acima, tem havido uma demanda para um material de aço resistente à abrasão que tem excelente resistência ao desgaste corrosivo.

[0003] O uso dessas máquinas industriais, máquinas de transporte e similares em uma faixa de temperatura baixa de 0 °C ou menos também é considerado. Assim, um material de aço que é usado para partes dessas máquinas industriais, máquinas de transporte e similares é exigido ter a excelente tenacidade à baixa temperatura além da resistência à abrasão e resistência ao desgaste corrosivo.

[0004] A fim de satisfazer tal exigência, por exemplo, a literatura de patente 1 propõe um método para fabricar um aço resistente à abrasão de alta dureza que tem excelente tenacidade à baixa temperatura, em que a laminação a quente é aplicada a uma placa de aço que tem a composição contendo, em % em massa,: 0,30% a 0,50% de C, quantidades apropriadas de Si, Mn, Al, N, Ti, Nb e B respectivamente, e 0,10% a 0,50% de Cr e 0,05% a 1,00% de Mo, posteriormente, o tratamento de têmpera é aplicado à placa de aço laminada a quente a partir de uma temperatura de ponto de transformação de Ar₃ ou acima e, subsequentemente, a placa arrefecida é temperada obtendo, desse modo, aço resistente à abrasão de alta força. De acordo com a descrição da técnica descrita na literatura de patente 1, o aperfeiçoamento de temperabilidade e o aperfeiçoamento de tenacidade à baixa temperatura através de reforço de contornos de grão são alcançados permitindo-se que o aço contenha uma grande quantidade de Cr e uma grande quantidade de Mo. Adicionalmente, de acordo com a descrição da técnica descrita na literatura de patente 1, o aprimoramento adicional de tenacidade à baixa temperatura é alcançado aplicando-se tratamento de revestimento ao aço.

[0005] A Literatura de Patente 2 propõe uma placa de aço resistente à abrasão de alta tenacidade que tem a composição contendo, em % em massa,: 0,18% a 0,25% de C, 0,10% a 0,30% de Si, 0,03% a 0,10% de Mn, quantidades apropriadas de Nb, Al, N e B respectivamente, 1,00% a 2,00% de Cr, e mais do que 0,50% a 0,80% de Mo, e exibe excelente tenacidade e excelente resistência à fratura atrasada após arrefecimento de água e revenimento. De acordo com a descrição de uma técnica descrita na Literatura de Patente 2, suprimindo-se o teor de Mn a um nível baixo, e permitindo-se que a placa de aço contenha uma grande quantidade de Cr e uma grande quantidade de Mo, a temperabilidade pode ser aprimorada de modo que a dureza preeterminada possa ser garantida e, ao mesmo tempo, a resistência à fratura atrasada e tenacidade podem ser aprimoradas. Adicionalmente, de acordo com a descrição da técnica descrita na Literatura de Patente 2, a tenacidade à baixa temperatura é adicionalmente aperfeiçoada aplicando-se revenimento adicionalmente.

[0006] A Literatura de Patente 3 propõe um aço resistente à abrasão e de alta tenacidade que tem a composição contendo, em % em massa,: 0,30% a 0,45% de C, 0,10% a 0,50% de Si, 0,30% a 1,20% de Mn, 0,50% a 1,40% de Cr, 0,15% a 0,55% de Mo, 0,0005% a 0,0050% de B, 0,015% a 0,060% de sol. Al e quantidades apropriadas de Nb e/ou Ti. De acordo com a descrição da técnica descrita na Literatura de Patente 3, o aço contém uma grande quantidade de Cr e uma grande quantidade de Mo e, portanto, a temperabilidade é aprimorada e, ao mesmo tempo, contornos de grão são reforçados aprimorando, desse modo, a tenacidade à baixa temperatura.

[0007] A Literatura de Patente 4 propõe um método para fabricar um aço resistente à abrasão, em que a laminação a quente é aplicada ao aço que tem a composição contendo, em % em massa,: 0,05% a 0,40% de C, 0,1% a 2,0% de Cr, quantidades apropriadas de Si, Mn,

Ti, B, Al e N respectivamente e, adicionalmente, Cu, Ni, Mo e V como componentes arbitrários a uma razão de redução cumulativa de 50% ou mais em uma faixa de temperatura não recristalizada austenítica a uma temperatura de 900 °C ou abaixo, posteriormente, a têmpera é aplicada a uma placa laminada a quente a partir de uma temperatura de ponto de transformação de Ar₃ ou acima e, subsequentemente, a placa arrefecida é temperada, desse modo, o aço resistente à abrasão é obtido. De acordo com a descrição dessa técnica, arrefecer bruscamente e revenir diretamente os grãos de austenita alongados resulta na estrutura martensítica temperada em que os grãos de austenita prévia são alongados. A estrutura martensítica temperada dos grãos alongados aprimora de maneira notória a tenacidade à baixa temperatura.

[0008] Adicionalmente, a Literatura de Patente 5 propõe uma placa de aço resistente à abrasão que tem excelente tenacidade à baixa temperatura e que tem a composição contendo, em % em massa: 0,10% a 0,30% de C, 0,05% a 1,0% de Si, 0,1% a 2,0% de Mn, 0,10% a 1,40% de W, 0,0003% a 0,0020% de B, 0,005% a 0,10% de Ti e/ou 0,035% a 0,1% de Al. Na descrição da técnica descrita na Literatura de Patente 5, a placa de aço resistente à abrasão pode conter adicionalmente um ou mais tipos de elementos selecionados a partir de um grupo que consiste em Cu, Ni, Cr e V. Devido a tal composição, na técnica descrita na Literatura de Patente 5, considera-se que a placa de aço resistente à abrasão tem alta dureza de superfície e exibe excelente resistência à abrasão e excelente tenacidade à baixa temperatura.

[0009] Adicionalmente, na Literatura de Patente 6, uma placa de aço resistente à abrasão que tem excelente propriedade de curvatura é descrita. A placa de aço resistente à abrasão descrita na Literatura de Patente 6 é uma placa de aço resistente à abrasão que tem a com-

posição contendo, em % em massa: 0,05% a 0,30% de C, 0,1% a 1,2% de Ti e não mais do que 0,03% de soluto C, e que tem a estrutura em que uma matriz é formada de uma fase de ferrita e uma fase dura é dispersa na matriz. A placa de aço resistente à abrasão pode conter adicionalmente um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em Nb e V, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em Mo e W, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em Si, Mn e Cu, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em Ni e B, e Cr. Devido a tal composição, na técnica descrita na Literatura de Patente 6, considera-se que tanto resistência à abrasão quanto propriedade de curvatura contra abrasão causada por terra e areia podem ser aprimoradas sem induzir aumento notório de dureza.

LISTA DE CITAÇÃO

LITERATURA DE PATENTE

- [0010] PTL 1: Documento nº JP-A-H08-41535
- [0011] PTL 2: Documento nº JP-A-H02-179842
- [0012] PTL 3: Documento nº JP-A-S61-166954
- [0013] PTL 4: Documento nº JP-A-2002-20837
- [0014] PTL 5: Documento nº JP-A-2007-92155
- [0015] PTL 6: Documento nº JP-A-2007-197813

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

PROBLEMA DA TÉCNICA

[0016] Entretanto, as respectivas técnicas descritas nas Literaturas de Patente 1 a 5 visam à aquisição das placas de aço que têm tenacidade à baixa temperatura e resistência à abrasão. Adicionalmente, a técnica descrita na Literatura de Patente 6 visa à aquisição da placa de aço que tem tanto propriedade de curvatura como resistência à abrasão. Entretanto, em nenhuma dessas Literaturas de Patente, o

desgaste em um ambiente que contém um material corrosivo tal como terra e areia em um estado úmido foi estudado e, portanto, existe uma desvantagem em que consideração não foi feita em relação à resistência ao desgaste corrosivo.

[0017] Adicionalmente, nas respectivas técnicas descritas nas Literaturas de Patente 1 a 4, o tratamento de revenimento é um requisito e, portanto, existe uma desvantagem em que um custo de fabricação é aumentado. Na técnica descrita na Literatura de Patente 5, a placa de aço contém W como um componente indispensável e, portanto, existe uma desvantagem em que um custo de fabricação é aumentado. Na técnica descrita na Literatura de Patente 6, a fase principal é formada de ferrita e, portanto, dureza de superfície é baixa, desse modo, a placa de aço não pode adquirir resistência à abrasão suficiente.

[0018] A presente invenção foi realizada a fim de superar as desvantagens mencionadas acima da técnica relacionada e, é um objetivo da presente invenção fornecer uma placa de aço resistente à abrasão que pode ser fabricada a um baixo custo, e tem excelente resistência à abrasão, que tem excelente tenacidade à baixa temperatura e excelente resistência ao desgaste corrosivo.

SOLUÇÃO PARA O PROBLEMA

[0019] A fim de alcançar o objetivo mencionado acima, os inventores da presente invenção realizaram estudos extensivos sobre a influência de vários fatores exercidos na resistência à abrasão, tenacidade à baixa temperatura e resistência ao desgaste corrosivo. Como resultado dos estudos, os inventores constataram que a resistência ao desgaste corrosivo de uma placa de aço pode ser aprimorada de maneira notória fazendo com que a placa de aço tenha a composição contendo quantidades apropriadas de Cr e/ou Mo como componentes indispensáveis, e ajustando-se o teor de soluto Cr em aço e o teor de soluto Mo em aço de modo que a seguinte fórmula (1) seja satisfeita.

$$0,05 \leq (\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}) \leq 2,0 \dots\dots (1)$$

[0020] (Aqui, Crsol: o teor de soluto Cr em aço (% em massa), Mosol: o teor de soluto Mo em aço (% em massa)).

[0021] Supõe-se que ao permitir que a placa de aço contenha quantidades apropriadas de Cr e/ou Mo como componentes indispensáveis e ao permitir que a placa de aço garanta quantidades apropriadas de soluto Cr e soluto Mo, até mesmo quando a placa de aço é exposta à terra e à areia em um estado úmido que tem pH em uma faixa ampla, Cr e/ou Mo existe como um oxiácido e, portanto, desgaste corrosivo é suprimido.

[0022] Os inventores também constataram que a resistência à abrasão e a resistência ao desgaste corrosivo contra abrasão causada por terra e areia podem ser aprimoradas de maneira notória mantendo-se a dureza de superfície a um nível alto desde que a placa de aço tenha a composição mencionada acima.

[0023] Os inventores também constataram que a temperabilidade da placa de aço pode ser aprimorada permitindo-se que a placa de aço contenha quantidades apropriadas de Cr e/ou Mo como componentes indispensáveis e ajustando-se a composição da placa de aço de modo que a placa de aço contenha quantidades apropriadas de pelo menos C, Si, Mn, P, S e Al, além disso, a excelente tenacidade à baixa temperatura também pode ser certamente adquirida garantindo-se a estrutura em que uma fase martensítica na condição de arrefecida forma uma fase principal e um tamanho de grão de grãos de austenita (γ) prévia é $30 \mu\text{m}$ ou menos.

[0024] A presente invenção foi realizada com base nas constatações mencionadas acima e foi concluída após estudo adicional das constatações. Ou seja, o ponto essencial da invenção é o seguinte.

[0025] (1) Uma placa de aço resistente à abrasão que tem excelente tenacidade à baixa temperatura e excelente resistência ao des-

gaste corrosivo, a placa de aço que tem uma composição contendo, em % em massa: 0,10% a 0,20% de C, 0,05% a 1,00% de Si, 0,1% a 2,0% de Mn, 0,020% ou menos de P, 0,005% ou menos de S, 0,005% a 0,100% de Al, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,05% a 2,0% de Cr e 0,05% a 1,0% de Mo, e Fe remanescente e impurezas inevitáveis como um equilíbrio, em que o teor de soluto Cr em aço e o teor de soluto Mo em aço satisfazem a seguinte fórmula (1), a placa de aço que tem uma estrutura em que uma fase martensítica na condição de arrefecida forma uma fase principal e um tamanho de grão de grãos de austenita prévia é 30 μm ou menos, e a dureza de superfície da placa de aço é 360 ou mais na dureza Brinel HBW10/3000.

$$0,05 \leq (\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}) \leq 2,0 \dots (1)$$

[0026] em que, Crsol: o teor de soluto Cr em aço (% em massa), Mosol: o teor de soluto Mo em aço (% em massa)

[0027] (2) Na placa de aço resistente à abrasão descrita em (1), a composição de aço contém adicionalmente, em % em massa, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,005% a 0,1% de Nb, 0,005% a 0,1% de Ti, e 0,005% a 0,1% de V.

[0028] (3) Na placa de aço resistente à abrasão descrita em (1) ou (2), a composição de aço adicionalmente contém em % em massa, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,005% a 0,2% de Sn e 0,005% a 0,2% de Sb.

[0029] (4) Na placa de aço resistente à abrasão descrita em qualquer um de (1) a (3), a composição de aço contém adicionalmente, em % em massa, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,03% a 1,0% de Cu, 0,03% a 2,0% de Ni, e 0,0003% a 0,0030% de B.

[0030] (5) Na placa de aço resistente à abrasão descrita em qual-

quer um de (1) a (4), a composição de aço contém adicionalmente, em % em massa, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,0005% a 0,008% de REM, 0,0005% a 0,005% de Ca e 0,0005% a 0,005% de Mg.

EFEITOS VANTAJOSOS DA INVENÇÃO

[0031] De acordo com a presente invenção, é possível fabricar, de uma maneira fácil e estável, uma placa de aço resistente à abrasão que tem excelente resistência ao desgaste corrosivo em um ambiente de abrasão de terra e areia em um estado úmido, que tem excelente tenacidade à baixa temperatura e excelente resistência à abrasão de um modo estável sem diminuir a dureza de superfície.

DESCRÍÇÃO DAS MODALIDADES

[0032] Primeiramente, as razões para limitar a composição da placa de aço com resistência à abrasão da presente invenção são explicadas. Na explicação feita doravante, % em massa é simplesmente expressa por % ao menos que especificado de outra maneira.

C: 0,10% a 0,20%

[0033] C é um elemento importante para aumentar a dureza da placa de aço e para aprimorar a resistência abrasiva. Quando o teor de C é menor que 0,10%, a placa de aço não pode adquirir dureza suficiente. Por outro lado, quando o teor de C excede 0,20%, a soldabilidade, tenacidade à baixa temperatura e trabalhabilidade são reduzidas. Assim, o teor de C é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,10% a 0,20%. O teor de C é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,14% a 0,17%.

Si: 0,05% a 1,00%

[0034] Si é um elemento eficaz que atua como um agente desoxigênante para aço derretido. Si também é um elemento que contribui de maneira eficaz para o aprimoramento de força da placa de aço através de reforço de solução sólida. O teor de Si é estabelecido a 0,05% ou

mais para garantir tais efeitos. Quando o teor de Si é menor que 0,05%, um efeito desoxidante não pode ser adquirido de maneira suficiente. Por outro lado, quando o teor de Si excede 1,0%, a ductilidade e a tenacidade são reduzidas, e o teor de inclusões na placa de aço é aumentado. Assim, o teor de Si é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,05% a 1,0%. O teor de Si é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,2% a 0,5%.

Mn: 0,1% a 2,0%

[0035] Mn é um elemento eficaz que tem uma ação de aprimorar a temperabilidade. A fim de garantir tal efeito, o teor de Mn é estabelecido a 0,1% ou mais. Por outro lado, quando o teor de Mn excede 2,0%, a soldabilidade é diminuída. Assim, o teor de Mn é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,1% a 2,0%. O teor de Mn é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,4% a 1,6%. É mais preferencial que o teor de Mn seja limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,7% a 1,4%.

P: 0,020% ou menos

[0036] Quando o teor de P em aço é grande, a diminuição de tenacidade à baixa temperatura é induzida e, portanto, é desejável que o teor de P seja o menor possível. Na presente invenção, o teor permitível de P é 0,020%. Assim, o teor de P é limitado a 0,020% ou menos. A redução excessiva do teor de P induz o aumento brusco em um custo de refino e, portanto, é desejável estabelecer o teor de P a 0,005% ou mais.

S: 0,005% ou menos

[0037] Quando o teor de S em aço é grande, S é precipitado como MnS. Em aço de alta força, MnS se torna um ponto de iniciação da ocorrência de fratura e induz a deterioração de tenacidade. Assim, é desejável que o teor de S seja o menor possível. Na presente invenção, o teor permitível de S é 0,005%. Assim, o teor de S é limitado a

0,005% ou menos. A redução excessiva do teor de S induz o aumento brusco de um custo de refino e, portanto, é desejável estabelecer o teor de S a 0,0005% ou mais.

Al: 0,005% a 0,100%

[0038] Al é um elemento eficaz que atua como um agente desoxidante para aço derretido. Adicionalmente, Al contribui para o aprimoramento de tenacidade à baixa temperatura devido ao refino de grãos de cristal. A fim de adquirir tal efeito, o teor de Al é estabelecido a 0,005% ou mais. Quando o teor de Al é menor que 0,005%, tal efeito não pode ser adquirido de maneira suficiente. Por outro lado, quando o teor de Al excede 0,100%, a soldabilidade é reduzida. Assim, o teor de Al é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,100%. O teor de Al é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,015% a 0,050%.

[0039] Um ou dois tipos de componentes selecionados de 0,05% a 2,0% de Cr ou 0,05% a 1,0% de Mo

[0040] Tanto Cr quanto Mo têm uma ação de suprimir desgaste corrosivo, e a placa de aço opcionalmente contém um tipo ou dois tipos de Cr e Mo.

[0041] Cr tem um efeito de aumentar a temperabilidade tornando, desse modo, uma fase martensítica mais fina de modo a aprimorar a tenacidade à baixa temperatura. Assim, na presente invenção, Cr é um elemento importante. Adicionalmente, em um ambiente de desgaste corrosivo em que um contato entre uma placa de aço e terra e areia ou similar em um estado úmido se torna um problema, Cr é dissolvido como íon cromato devido a uma reação anódica, e suprime corrosão devido a um efeito inibidor dando origem, desse modo, a um efeito de aprimorar a resistência ao desgaste corrosivo. A fim de adquirir tal efeito, o teor de Cr é estabelecido a 0,05% ou mais. Quando o teor de Cr é menor que 0,05%, a placa de aço não pode exibir tal efeito de

maneira suficiente. Por outro lado, quando o teor de Cr excede 2,0%, a soldabilidade é reduzida e um custo de fabricação é bruscamente aumentado. Assim, o teor de Cr é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,05% a 2,0%. É preferencial limitar o teor de Cr a um valor que está dentro de uma faixa de 0,07% a 1,20%.

[0042] Mo tem um efeito de aumentar a temperabilidade tornando, desse modo, uma fase martensítica mais fina de modo a aprimorar a tenacidade à baixa temperatura. Assim, na presente invenção, Mo é um elemento importante. Adicionalmente, em um ambiente de desgaste corrosivo em que um contato entre uma placa de aço e terra e areia ou similar em um estado úmido se torna um problema, Mo é dissolvido como íon molibdato devido a uma reação anódica, e suprime corrosão através de um efeito inibidor dando origem, desse modo, a um efeito de aprimorar a resistência ao desgaste corrosivo. A fim de adquirir tal efeito, o teor de Mo é estabelecido a 0,05% ou mais. Quando o teor de Mo é menor do que 0,05%, a placa de aço não pode exibir tal efeito de maneira suficiente. Por outro lado, quando o teor de Mo excede 1,0%, a soldabilidade é reduzida e um custo de fabricação é bruscamente aumentado. Assim, o teor de Mo é limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,05% a 1,0%. É preferencial limitar o teor de Mo a um valor que está dentro de uma faixa de 0,10% a 0,50%.

[0043] Contendo-se tanto Cr como Mo, é esperado que a resistência ao desgaste corrosivo possa ser aprimorada de maneira notória. É com base na estimativa que o desgaste corrosivo causado por terra e areia ou similar em um estado úmido que tem pH em uma faixa ampla pode ser suprimido, já que Cr e Mo têm diferentes regiões de pH respectivamente em que Cr ou Mo pode existir como um ácido de oxigênio.

[0044] A fim de aprimorar a resistência ao desgaste corrosivo, na presente invenção, a placa de aço contém Cr e Mo que estão dentro

das faixas mencionadas acima, e o teor de soluto Cr em aço e o teor de soluto Mo em aço pode ser ajustado de modo a satisfazer a seguinte fórmula (1).

$$0,05 \leq (\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}) \leq 2,0 \dots\dots (1)$$

[0045] (Crsol: o teor de soluto Cr em aço (% em massa), Mosol: o teor de soluto Mo em aço (% em massa)).

[0046] Quando Cr e Mo formam carbonetos ou similares e carbonetos ou similares são precipitados como precipitados, o teor de soluto Cr ou o teor de soluto Mo é diminuído ao redor dos precipitados. Assim, o efeito inibidor mencionado acima é diminuído de modo que resistência ao desgaste corrosivo seja reduzida. De acordo com a presente invenção, o teor de soluto Cr em aço (Crsol) e o teor de soluto Mo em aço (Mosol) são ajustados de modo a satisfazer a fórmula mencionada acima (1). A fim de garantir de maneira suficiente, o efeito inibidor mencionado acima, na presente invenção, é necessário estabelecer ($\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}$) a 0,05 ou mais. Por outro lado, quando ($\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}$) excede 2,0, o efeito inibidor é saturado e, ao mesmo tempo, um custo de fabricação aumenta bruscamente. É preferencial que ($\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}$) seja estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,10 a 1,0.

[0047] O teor de soluto Cr e o teor de soluto Mo podem ser calculados através do método a seguir. O aço é extraído por eletrólise em solução eletrolítica contendo 10% de acetilacetona, e um resíduo extraído obtido (precipitados) é analisado através de um método de espectrofotometria de emissão atômica de plasma acoplado de modo indutivo. O teor de Cr contido no resíduo extraído e o teor de Mo contido no resíduo extraído são respectivamente determinados como o teor de Cr precipitado e o teor de Mo precipitado. O teor de soluto Cr e o teor de soluto Mo são obtidos subtraindo-se os valores determinados do teor total de Cr e do teor total de Mo respectivamente.

[0048] Adicionalmente, a fim de capacitar o teor de soluto Cr e o teor de soluto Mo para satisfazer a fórmula (1), é necessário suprimir a precipitação de carboneto e similar o máximo possível. Para esse fim, é necessário ajustar histórico de calor ou controlar o teor de Nb e o teor de Ti. A fim de ser mais específico, por exemplo, é desejável encontrar um tempo em que o aço é mantido em uma faixa de temperatura (500°C a 800°C) em que carboneto ou similar de Cr ou Mo precipita o mais curto possível ou adicionar Nb ou Ti que é mais propenso formar carboneto ou similar do que Cr e Mo.

[0049] Os componentes mencionados acima são os componentes básicos do aço, de acordo com a presente invenção. Adicionalmente, o aço, de acordo com a presente invenção, pode conter opcionalmente, além dos componentes básicos mencionados acima, como um elemento opcional ou elementos opcionais, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,005% a 0,1% de Nb, 0,005% a 0,1% de Ti, e 0,005% a 0,1% de V e/ou um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,005% a 0,2% de Sn e 0,005% a 0,2% de Sb e/ou um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,03% a 1,0% de Cu, 0,03% a 2,0% de Ni, e 0,0003% a 0,0030% de B e/ou um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,0005% a 0,008% de REM, 0,0005% a 0,005% de Ca e 0,0005% a 0,005% de Mg.

[0050] Um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,005% a 0,1% de Nb, 0,005% a 0,1% de Ti, e 0,005% a 0,1% de V.

[0051] Todos Nb, Ti e V são elementos que precipitam como precipitados tais como carbonitreto e similar, e aprimoram a tenacidade de aço através de refino da estrutura. Na presente invenção, quando

necessário, o aço pode conter um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em Nb, Ti e V.

[0052] Nb é um elemento que precipita como carbonitreto e contribui de maneira eficaz para o aprimoramento de tenacidade através de refino da estrutura. O teor de Nb pode ser preferencialmente estabelecido a 0,005% ou mais para garantir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Nb excede 0,1%, a soldabilidade é diminuída. Assim, quando o aço contém Nb, o teor de Nb é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,1%. O teor de Nb é mais preferencialmente estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,012% a 0,03% a partir de um ponto de vista de refino da estrutura.

[0053] Ti é um elemento que precipita como TiN e contribui para o aprimoramento de tenacidade através de fixação de soluto N. O teor de Ti é preferencialmente estabelecido a 0,005% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Ti excede 0,1%, carbonitreto grosso precipita de modo que a tenacidade seja diminuída. Assim, quando o aço contém Ti, o teor de Ti é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,1%. O teor de Ti é mais preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,03% a partir de um ponto de vista da redução de um custo de fabricação.

[0054] V é um elemento que precipita como carbonitreto e contribui para o aprimoramento de tenacidade através de um efeito de refino da estrutura. O teor de V é preferencialmente estabelecido a 0,005% ou mais a fim de adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de V excede 0,1%, a soldabilidade é diminuída. Assim, quando o aço contém V, o teor de V é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,1%.

[0055] Um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de

um grupo que consiste em 0,005% a 0,2% de Sn e 0,005% a 0,2% de Sb.

[0056] Tanto Sn como Sb são elementos que aprimoram a resistência ao desgaste corrosivo. Na presente invenção, quando necessário, o aço pode conter um ou dois tipos de elementos selecionados a partir de um grupo que consiste em Sn e Sb.

[0057] Sn é dissolvido como íon Sn devido a uma reação anódica, e suprime a corrosão através de um efeito inibidor aprimorando, desse modo, a resistência ao desgaste corrosivo de uma placa de aço. Adicionalmente, Sn forma um filme de óxido contendo Sn em uma superfície da placa de aço e, portanto, uma reação anódica e uma reação catódica da placa de aço são suprimidas, desse modo, a resistência ao desgaste corrosivo da placa de aço é aprimorada. O teor de Sn é preferencialmente estabelecido a 0,005% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Sn excede 0,2%, a deterioração de ductilidade e a tenacidade da placa de aço são induzidas. Assim, quando o aço contém Sn, o teor de Sn é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,2%. O teor de Sn é mais preferencialmente estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,1% a partir de um ponto de vista de redução de elementos indesejáveis.

[0058] Sb suprime a corrosão de uma placa de aço suprimindo-se uma reação anódica da placa de aço e também suprimindo-se uma reação de geração de hidrogênio que é uma reação catódica, aprimorando, desse modo, a resistência ao desgaste corrosivo. O teor de Sb é preferencialmente estabelecido a 0,005% ou mais para adquirir de maneira suficiente tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Sb excede 0,2%, a deterioração de tenacidade da placa de aço é induzida. Assim, quando o aço contém Sb, o teor de Sb é preferencialmente estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,2%. É

mais preferencial que o teor de Sb seja estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,005% a 0,1%.

[0059] Um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,03% a 1,0% de Cu, 0,03% a 2,0% de Ni e 0,0003% a 0,0030% de B.

[0060] Todos de Cu, Ni e B são elementos que aprimoram a temperabilidade. Na presente invenção, quando necessário, o aço pode conter um ou dois ou mais tipos de elementos selecionados a partir de um grupo que consiste em Cu, Ni e B.

[0061] Cu é um elemento que contribui para o aprimoramento de temperabilidade. O teor de Cu pode ser preferencialmente 0,03% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Cu excede 1,0%, a trabalhabilidade a quente é diminuída, e um custo de fabricação também aumenta bruscamente. Assim, quando o aço contém Cu, o teor de Cu é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,03% a 1,0%. O teor de Cu é mais preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,03% a 0,5% a partir de um ponto de vista de redução adicional de um custo de fabricação.

[0062] Ni é um elemento que contribui para o aprimoramento de temperabilidade e também para o aprimoramento de tenacidade à baixa temperatura. O teor de Ni pode ser preferencialmente 0,03% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Ni excede 2,0%, um custo de fabricação aumenta. Assim, quando o aço contém Ni, o teor de Ni é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,03% a 2,0%. O teor de Ni é mais preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,03% a 0,5% a partir de um ponto de vista de redução adicional de um custo de fabricação.

[0063] B é um elemento que contribui para o aprimoramento de

temperabilidade com uma pequena quantidade contida em aço. O teor de B pode ser preferencialmente 0,0003% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de B excede 0,0030%, a tenacidade é diminuída. Assim, quando o aço contém B, o teor de B é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0003% a 0,0030%. O teor de B está, mais preferencialmente, dentro de uma faixa de 0,0003% a 0,0015% a partir de um ponto de vista de supressão de rachadura a frio em uma parte soldada formada por uma soldagem de entrada de calor baixa tal como soldagem com CO₂ usada em geral em soldagem de uma placa de aço resistente à abrasão.

[0064] Um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em 0,0005% a 0,008% de REM, 0,0005% a 0,005% de Ca, e 0,0005% a 0,005% de Mg.

[0065] Todos de REM, Ca e Mg são elementos que formam inclusões de sulfeto combinando-se com S e, portanto, esses elementos são elementos que suprimem a formação de MnS. Na presente invenção, quando necessário, o aço pode conter um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em REM, Ca e Mg.

[0066] REM fixa S suprimindo, desse modo, a formação de MnS que causa diminuição de tenacidade. O teor de REM pode ser preferencialmente 0,0005% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de REM excede 0,008%, o teor de inclusões no aço é aumentado de modo que a tenacidade seja reduzida ao contrário. Assim, quando o aço contém REM, o teor de REM é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,008%. O teor de REM é mais preferencialmente estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,0020%.

[0067] Ca fixa S suprimindo, desse modo, a formação de MnS que causa diminuição de tenacidade. O teor de Ca pode ser preferencial-

mente 0,0005% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Ca excede 0,005%, o teor de inclusões no aço é aumentado de modo que a tenacidade seja diminuída ao contrário. Assim, quando o aço contém Ca, o teor de Ca é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,005%. O teor de Ca é mais preferencialmente estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,0030%.

[0068] Mg fixa S suprimindo, desse modo, a formação de MnS que causa a diminuição de tenacidade. O teor de Mn pode ser preferencialmente 0,0005% ou mais para adquirir tal efeito. Por outro lado, quando o teor de Mg excede 0,005%, o teor de inclusões no aço é aumentado de modo que a tenacidade seja reduzida ao contrário. Assim, quando o aço contém Mg, o teor de Mg é preferencialmente limitado a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,005%. É mais preferencial que o teor de Mg seja estabelecido a um valor que está dentro de uma faixa de 0,0005% a 0,0040%.

[0069] A placa de aço resistente à abrasão, de acordo com a presente invenção, tem a composição acima mencionada e, adicionalmente, tem uma microestrutura que compreende uma fase martensítica na condição de arrefecida formando uma fase principal e grãos de austenita (γ) prévia com tamanho de grão de 30 μm ou menos. No presente documento, uma fase que ocupa 90% ou mais em uma razão de área é definida como "fase principal".

[0070] Fase martensítica na condição de arrefecida: 90% ou mais na razão de área

[0071] Quando a fração de fase da fase martensítica na condição de arrefecida é menor que 90% em uma razão de área, o aço não pode garantir a dureza desejada, e a resistência ao desgaste é diminuída de modo que a resistência ao desgaste desejada não possa ser garantida. Adicionalmente, o aço não pode garantir a tenacidade à baixa

temperatura suficiente. Adicionalmente, em caso de martensita temperada, Cr e Mo formam carboneto junto com Fe quando a cementita é formada revenindo-se e, portanto, soluto Cr e soluto Mo, que são eficazes para garantir resistência à corrosão, são diminuídos. Assim, a fase martensítica é mantida na fase martensítica na condição de arrefecida em que a fase martensítica não é temperada. Uma razão de área da fase martensítica na condição de arrefecida é preferencialmente estabelecida a 95% ou mais.

[0072] Tamanho de grão de grãos de austenita (γ) prévia: 30 μm ou menos

[0073] Até mesmo quando a fase martensítica na condição de arrefecida é garantida, a razão de área de 90% ou mais, quando um tamanho de grão de grãos de austenita (γ) prévia se torna grosseiro excedendo 30 μm , a tenacidade à baixa temperatura é reduzida. Como o tamanho de grão de grãos de austenita (γ) prévia, os valores que são obtidos de acordo com JIS G 0551 após observação microscópica da estrutura atacada por um ácido pícrico com o uso de um microscópio óptico (ampliação: 400 vezes) são usados.

[0074] A placa de aço resistente à abrasão, de acordo com a presente invenção, que tem a composição acima mencionada e a estrutura tem a dureza de superfície de 360 ou mais na dureza Brinel HBW 10/3000.

[0075] Dureza de superfície: 360 ou mais na dureza Brinel HBW 10/3000

[0076] Quando a dureza de superfície de aço é menor que 360 na dureza Brinel HBW 10/3000, a vida útil da placa de aço resistente à abrasão se torna curta. A dureza Brinel é medida de acordo com a estipulação descrita em JIS Z 2243 (2008).

[0077] A seguir, o método preferencial de fabricar a placa de aço resistente à abrasão da presente invenção é explicado.

[0078] O material de aço que tem a composição acima mencionada é submetido à laminação a quente como é sem resfriamento quando o material de aço mantém uma temperatura predeterminada ou após resfriamento e reaquecimento, fabricando, desse modo, uma placa de aço que tem um tamanho desejado e um formato desejado.

[0079] O método para fabricar o material de aço não é particularmente limitado. É desejável que o aço derretido que tem a composição mencionada acima seja produzido com o uso de um método de refino conhecido tal como o uso de um conversor, e um material de aço tal como uma placa que tem um tamanho predeterminado é fabricado através de um método de fundição conhecido tal como um método de fundição contínua. Não é necessário mencionar que um material de aço pode ser fabricado através de um método de fundição-desbaste de lingote.

[0080] Temperatura de reaquecimento: 950 a 1.250°C

[0081] Quando a temperatura de reaquecimento está abaixo de 950°C, a resistência à deformação se torna excessivamente alta de modo que uma carga de laminação se torne excessivamente grande desse modo, a laminação a quente pode não ser realizada. Por outro lado, quando a temperatura de reaquecimento se torna alta excedendo 1.250 °C, os grãos de cristal se tornam excessivamente grosseiros de modo que o aço não possa garantir a alta tenacidade desejada. Assim, a temperatura de reaquecimento é preferencialmente limitada a um valor que está dentro de uma faixa de 950 a 1.250°C.

[0082] O material de aço reaquecido ou o material de aço que mantém uma temperatura predeterminada sem ser reaquecido é, então, submetido à laminação a quente de modo que uma placa de aço que tem um tamanho desejado e um formato desejado seja fabricada. A condição de laminação a quente não é particularmente limitada. Após a laminação a quente ser concluída, é preferencial que o trata-

mento de têmpera direto (DQ), em que a placa de aço é arrefecida imediatamente após o término da laminação a quente, seja aplicado à placa de aço. É preferencial que uma temperatura de início de arrefecimento seja estabelecida a uma temperatura não abaixo de um ponto de transformação de Ar3. Para estabelecer a temperatura de início de arrefecimento como igual a ou maior que o ponto de transformação de Ar3, é preferencial estabelecer a temperatura de término de laminação a quente a um valor que está dentro de uma faixa de 800 a 950 °C, sendo igual a ou maior que o ponto de transformação de Ar3. Uma taxa de resfriamento de arrefecimento não é particularmente limitada desde que a taxa de resfriamento de arrefecimento seja igual a ou maior que uma taxa de resfriamento a qual uma fase martensítica é formada.

[0083] Uma temperatura de interrupção de resfriamento é preferencialmente estabelecida a uma temperatura igual a ou abaixo de um ponto Ms. É mais preferencial que a temperatura de interrupção de resfriamento seja estabelecida a 300 °C ou menos para impedir que uma fase martensítica na condição de arrefecida seja autotemperada. É adicionalmente preferencial que a temperatura de interrupção de resfriamento seja estabelecida a 200 °C ou menos.

[0084] Após a laminação a quente ser concluída, no lugar do tratamento de têmpera direto em que uma placa de aço é imediatamente arrefecida, tratamento de têmpera de reaquecimento (RQ) pode ser realizado em que a placa de aço é resfriada por ar após a laminação a quente ser concluída, posteriormente, a placa de aço é reaquecida a uma temperatura de aquecimento predeterminada e, então, a placa de aço é arrefecida. É desejável que a temperatura de arrefecimento de reaquecimento seja estabelecida a um valor que está dentro de uma faixa de 850 a 950 °C. Uma taxa de resfriamento de arrefecimento após reaquecimento não é particularmente limitada desde que a taxa

de resfriamento de arrefecimento após reaquecimento seja igual a ou maior que uma taxa de resfriamento a qual uma fase martensítica é formada. Uma temperatura de interrupção de resfriamento é preferencialmente estabelecida a uma temperatura igual a ou abaixo de um ponto Ms. A temperatura de interrupção de resfriamento é mais preferencialmente estabelecida a 300 °C ou menos para impedir que uma fase martensítica na condição de arrefecida seja autotemperada. A temperatura de interrupção de resfriamento é ainda preferencialmente estabelecida a 200 °C ou menos.

EXEMPLO 1

[0085] Doravante, a presente invenção é adicionalmente explicada com base nos exemplos.

[0086] O aço derretido que tem a composição descrita na Tabela 1 foi produzido por um forno de derretimento a vácuo, e foi fundido em um molde de modo que lingotes (material de aço) que têm um peso de 150 kgf respectivamente fossem fabricados. Esses materiais de aço foram aquecidos a temperaturas de reaquecimento descritas nas Tabelas 2 e 3 e, posteriormente, os materiais de aço foram submetidos à laminação a quente sob condições descritas na Tabela 2 e na Tabela 3, e tratamento de têmpora direto (DQ) foi realizado em que o arrefecimento é imediatamente realizado após a laminação a quente ser concluída (arrefecimento direto). O tratamento de têmpora de reaquecimento (RQ) foi aplicado em algumas placas de aço em que as placas de aço foram resfriadas por ar após a laminação a quente ser concluída, as placas de aço foram reaquecidas a temperaturas de aquecimento descritas nas Tabelas 2, 3 e, posteriormente, arrefecimento foi realizado.

[0087] Os espécimes foram amostrados a partir das placas de aço fabricadas, e os espécimes foram submetidos a uma observação da estrutura, um teste de dureza de superfície, um teste de impacto

Charpy e um teste de resistência ao desgaste corrosivo. Os espécimes para extração eletrolítica foram amostrados a partir das placas de aço fabricadas, e os espécimes foram submetidos à eletrólise em uma solução eletrolítica de 10% AA (solução eletrolítica de 1% de álcool metílico – cloreto de tetrametilamônio - 10% de acetilacetona), e resíduos foram extraídos. Em relação a cada um dos resíduos extraídos obtidos, o teor de Cr contido no resíduo extraído e o teor de Mo contido no resíduo extraído foram analisados com o uso de um método de espectrofotometria de emissão atômica de plasma acoplado de modo induutivo, e o teor de Cr na forma de precipitados e o teor de Mo na forma de precipitados foram calculados. O teor de soluto Cr (Crsol) e o teor de soluto Mo (Mosol) foram obtidos subtraindo-se o teor de Cr na forma de precipitados e o teor de Mo na forma de precipitados a partir do teor total de Cr e do teor total de Mo respectivamente.

[0088] Os métodos de teste a seguir foram adotados.

(1) OBSERVAÇÃO DE ESTRUTURA

[0089] Os espécimes para observação de estrutura foram amostrados a partir de placas de aço fabricadas em uma posição de 1/2 de espessura de placa da placa de aço de modo que uma superfície de observação se torne um corte transversal perpendicular à direção de laminação. Os espécimes foram polidos e foram atacados por um ácido pícrico para expor grãos de γ prévia e, posteriormente, submetidos à observação através de um microscópio óptico (ampliação: 400 vezes). Os diâmetros de círculo equivalentes de respectivos 100 grãos de grãos de γ prévia foram medidos, uma média aritmética foi calculada com base nos diâmetros de círculo equivalentes obtidos, e a média aritmética foi estabelecida como o tamanho de grão de γ prévia da placa de aço.

[0090] Espécimes de filme fino (espécimes para a observação de estrutura através de microscópio eletrônico de transmissão) foram

amostrados a partir das placas de aço fabricadas a uma posição de 1/2 de espessura de placa da placa de aço sendo paralela a uma superfície da placa. O espécime foi triturado e polido (polimento mecânico, polimento eletrolítico) formando, desse modo, um filme fino. A seguir, 20 campos de visão para cada foram observados por um microscópio eletrônico de transmissão (ampliação: 20.000 vezes). Uma região em que a cementita não precipita foi estabelecida como uma região de fase martensítica na condição de arrefecida, e a área da região foi medida. A área da região da fase martensítica na condição de arrefecida foi indicada por uma razão (%) em relação a toda a estrutura, e essa razão foi estabelecida como uma fração martensítica na condição de arrefecida (razão de área).

(2) TESTE DE DUREZA DE SUPERFÍCIE

[0091] Os espécimes para medição de dureza de superfície foram amostrados a partir das placas de aço fabricadas, e a dureza de superfície HBW 10/3000 foi medida de acordo com JIS Z 2243 (2008). Na medição de dureza, uma esfera dura de tungstênio que tem um diâmetro de 10 mm foi usada, e uma carga foi estabelecida a 3.000 kgf.

(3) TESTE DE IMPACTO CHARPY

[0092] Os espécimes entalhados em V foram amostrados a partir de placas de aço fabricadas em uma posição de 1/2 de espessura de placa da placa de aço distante de uma superfície da placa de aço na direção (direção C) perpendicular à direção de laminação de acordo com a estipulação de JIS Z 2242(2005), e um teste de impacto Charpy foi realizado. Uma temperatura de teste foi estabelecia a -40 °C e energia absorvida vE₋₄₀ (J) foi obtida. O número de espécimes foi três para cada uma das placas de aço, e uma média aritmética dos três espécimes é estabelecida como a energia absorvida vE₋₄₀ da placa de aço. A placa de aço que tem a energia absorvida vE₋₄₀ de 30 J ou mais

foi avaliada como a placa de aço que tem excelente "tenacidade à baixa temperatura de material base". Em relação às placas de aço que têm uma espessura de placa de menos que 10 mm, espécimes Charpy de subtamanho de 1/2 t foram usados (t: espessura de placa). No caso dos espécimes Charpy de subtamanho de 1/2 t, a placa de aço que tem a energia absorvida vE₋₄₀ de 15 J ou mais foi avaliada como a placa de aço que tem excelente "tenacidade de material base".

(4) TESTE DE RESISTÊNCIA AO DESGASTE CORROSIVO

[0093] Os espécimes de desgaste (tamanho: espessura de 10 mm, largura de 25 mm e comprimento de 75 mm) foram amostrados a partir de placas de aço fabricadas em uma posição de 1 mm distante de uma superfície da placa de aço fabricada. Esses espécimes de desgaste foram montados em um testador de desgaste, e um teste de desgaste foi realizado.

[0094] O espécime de desgaste foi montado no testador de desgaste de modo que o espécime de desgaste fosse perpendicular a um eixo geométrico de rotação de um rotor do testador e uma superfície de 25 mm×75 mm foi paralela à direção tangencial circumferencial de um círculo de rotação, o espécime e o rotor foram cobertos com um vaso externo, e um material de desgaste foi introduzido no interior do vaso externo. Como o material de desgaste, uma mistura é usada em que areia de sílica que tem um tamanho de partícula médio de 0,65 mm e uma solução aquosa de NaCl que foi preparada de modo que a concentração se tornasse 15.000 de massa em ppm foram misturados de modo que uma razão de peso entre areia de sílica e a solução aquosa de NaCl se tornasse 3:2.

[0095] As condições de teste foram estabelecidas de modo que o rotor fosse girado a 600 rpm e o vaso externo fosse girado a 45 rpm. O teste foi concluído quando as revoluções do rotor se tornaram 10.800 vezes no total. Após o teste ser concluído, pesos dos respectivos es-

pécimes foram medidos. A diferença entre o peso após o teste e o peso inicial (= uma quantidade de redução de peso) foi calculada, e uma razão de resistência ao desgaste (= (valor de referência)/(quantidade de redução de peso de espécime)) foi calculada com o uso de uma quantidade de redução de peso de aço estipulada em aços laminados para estrutura geral, resistência à tração 400 MPa classe SS400 (JIS G3101) (exemplo convencional) como um valor de referência. Quando a razão de resistência ao desgaste era 1,5 ou mais, a placa de aço foi avaliada como a placa de aço "que tem excelente resistência ao desgaste corrosivo".

[0096] Os resultados medidos são mostrados na Tabela 4 e na Tabela 5.

TABELA 1

Número de Aço	Composição Química (% em massa)											Ponto de transformação de Ar3 (°C)	Observações	
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	Cr	Mo	Nb,Ti,V	Sn,Sb	Cu,Ni,B	REM,Ca,Mg		
A	0,15	0,36	1,38	0,007	0,0017	0,032	0,11						751	dentro do escopo da presente invenção
B	0,13	0,29	0,42	0,009	0,0026	0,028	1,37				Cu:0,07, Ni:0,15		806	dentro do escopo da presente invenção
C	0,15	0,33	1,05	0,009	0,0019	0,021	0,40		Nb:0,02, Ti:0,016		B:0,0015		774	dentro do escopo da presente invenção
D	0,19	0,31	1,15	0,008	0,0026	0,021		0,12					750	dentro do escopo da presente invenção
E	0,20	0,25	1,64	0,008	0,0018	0,023		0,21	Ti:0,014			REM:0,0015	700	dentro do escopo da presente invenção
F	0,12	0,35	0,52	0,007	0,0017	0,030		0,56	V:0,041			Ca:0,0019	786	dentro do escopo da presente invenção
G	0,14	0,29	1,12	0,007	0,0026	0,029	0,06	0,07	Ti:0,014, V:0,016		B:0,0009	Mg:0,0011	771	dentro do escopo da presente invenção
H	0,17	0,31	1,01	0,008	0,0021	0,024	0,41	0,09					763	dentro do escopo da presente invenção
I	0,16	0,25	0,49	0,011	0,0016	0,027	0,81	0,21	Nb:0,018		B:0,0025		792	dentro do escopo da presente invenção
J	0,15	0,34	1,21	0,010	0,0023	0,023	0,09	0,14	Nb:0,02, Ti:0,014		B:0,0013		754	dentro do escopo da presente invenção
K	0,16	0,32	0,99	0,008	0,0025	0,026	1,01	0,22	Nb:0,02, Ti:0,014		B:0,0011		748	dentro do escopo da presente invenção
L	0,15	0,33	0,93	0,009	0,0021	0,028	0,76	0,36	Nb:0,019, Ti:0,015, V:0,045		B:0,0013		749	dentro do escopo da presente invenção

TABELA 1 (continuação)

M	0,15	0,36	1,01	0,008	0,0022	0,022	0,10	0,25	Nb:0,019, Ti:0,013		B:0,0012		761	dentro do escopo da presente invenção
N	0,16	0,29	0,95	0,007	0,0019	0,026	0,31		Nb:0,019, Ti:0,014	Sn:0,035	B:0,0013		780	dentro do escopo da presente invenção
O	0,14	0,21	1,35	0,007	0,0023	0,025	0,08	0,21	Nb:0,020, Ti:0,012	Sn:0,067	B:0,0014		741	dentro do escopo da presente invenção
P	0,15	0,26	1,09	0,007	0,0029	0,030	0,80	0,33	Nb:0,017, Ti:0,014	Sn:0,045, Sb:0,044	B:0,0009		738	dentro do escopo da presente invenção
Q	0,18	0,29	0,87	0,007	0,0014	0,019	1,10	0,34	Nb:0,029, Ti:0,021, V:0,034		Cu:0,24, Ni:0,31	Ca:0,0012	719	dentro do escopo da presente invenção

TABELA 1 (continuação)

Número de Aço	Composição Química (% em massa)											Ponto de transformação de Ar3 (°C)	Observações	
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	Cr	Mo	Nb,Ti,V	Sn,Sb	Cu,Ni,B			
R	0,17	0,38	1,43	0,008	0,0016	0,023	<u>0,02</u>		Ti:0,016, V:0,019			Ca:0,0013	743	fora do escopo da presente invenção
S	0,12	0,37	1,51	0,012	0,0023	0,030		<u>0,02</u>			B:0,003 1		750	fora do escopo da presente invenção
I	0,16	0,34	1,23	0,011	0,0019	0,021	<u>0,04</u>		Ti:0,014, V:0,025		Cu:0,12		759	fora do escopo da presente invenção
U	0,14	0,28	1,36	0,007	0,0019	0,025	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>			Ni:0,14	Mg:0,0021	748	fora do escopo da presente invenção
V	<u>0,08</u>	0,35	0,98	0,008	0,0023	0,028	0,19	0,15	Nb:0,022				792	fora do escopo da presente invenção

Valores sublinhados estão fora do escopo da presente invenção.

TABELA 2

Número de Placa de aço	Número de Aço	Espessura de Placa (mm)	Tipo de Tratamento*	Laminação a quente					Tratamento Térmico		
				Temperatura de reaquecimento (°C)	Temperatura de Término de Laminação (°C)	Temperatura de Início de Resfriamento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)	Temperatura de Aquecimento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)
1	A	12	RQ	1.110	860	-	resfriado por ar	-	870	resfriado por água	250
2	A	19	DQ	1.110	870	840	resfriado por água	200	-	-	-
3	A	35	DQ	1.110	880	850	resfriado por água	230	-	-	-
4	B	6	RQ	1.120	910	-	resfriado por ar	-	880	resfriado por água	150
5	B	19	RQ	1.120	930	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
6	B	32	DQ	1.120	870	800	resfriado por água	150	-	-	-
7	C	6	RQ	1.120	850	-	resfriado por ar	-	950	resfriado por água	200
8	C	12	RQ	1.120	860	-	resfriado por ar	-	870	resfriado por água	200
9	C	19	DQ	1.120	890	830	resfriado por água	150	-	-	-
10	D	19	DQ	1.050	840	810	resfriado por água	150	-	-	-
11	D	25	DQ	1.050	850	800	resfriado por água	150	-	-	-
12	D	35	DQ	1.050	880	820	resfriado por água	130	-	-	-
13	E	6	RQ	1.120	840	-	resfriado por ar	-	930	resfriado por água	150
14	E	12	RQ	1.120	870	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150

TABELA 2 (continuação)

15	E	20	DQ	1.120	890	830	resfriado por água	150	-	-	-
16	F	12	RQ	1.120	890	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
17	F	19	DQ	1.120	870	850	resfriado por água	150	-	-	-
18	F	32	DQ	1.120	890	840	resfriado por água	170	-	-	-
19	G	20	DQ	1.150	920	880	resfriado por água	160	-	-	-
20	G	25	RQ	1.150	930	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150

TABELA 2 (continuação)

Número de Placa de aço	Número de Aço	Placa Espessura (mm)	Tipo de Tratamento*	Laminação a quente					Tratamento Térmico		
				Temperatura de reaquecimento (°C)	Temperatura de Término de Laminação (°C)	Temperatura de Início de Resfriamento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)	Temperatura de Aquecimento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)
21	G	35	DQ	1.150	910	870	resfriado por água	200	-	-	-
22	H	6	RQ	1.120	910	-	resfriado por ar	-	880	resfriado por água	150
23	H	19	RQ	1.120	930	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
24	H	32	RQ	1.120	870	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
25	I	12	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	170
26	I	19	RQ	1.120	920	-	resfriado por ar	-	910	resfriado por água	170
27	I	25	DQ	1.120	880	830	resfriado por água	210	-	-	-
28	I	12	DQ	1.170	900	860	resfriado por água	210	-	-	-
29	J	25	DQ	1.170	920	880	resfriado por água	220	-	-	-
30	J	35	RQ	1.170	880	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	160
37	K	6	RQ	1.070	900	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	170

TABELA 2 (continuação)

38	K	19	RQ	1.170	920	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	170
39	K	25	RQ	1.120	860	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	170
40	L	6	RQ	1.120	880	-	resfriado por ar	-	870	resfriado por água	170
41	L	19	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	920	resfriado por água	170
42	L	25	RQ	1.120	890	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	170

Valores sublinhados estão fora do escopo da presente invenção.

*DQ: arrefecimento direto, RQ: arrefecimento de reaquecimento

TABELA 3

Número de Placa de aço	Número de Aço	Espesura de Placa (mm)	Tipo de Tratamento*	Laminação a quente					Tratamento Térmico		
				Temperatura de reaquecimento (°C)	Temperatura de Término de Laminação (°C)	Temperatura de Início de Resfriamento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)	Temperatura de Aquecimento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)
43	M	12	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	910	resfriado por água	170
44	M	19	DQ	1.120	870	840	resfriado por água	220	-	-	-
45	M	32	DQ	1.120	890	830	resfriado por água	220	-	-	-
46	N	12	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
47	N	25	RQ	1.120	920	-	resfriado por ar	-	870	resfriado por água	150
48	N	32	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	880	resfriado por água	150
49	O	6	RQ	1.070	880	-	resfriado por ar	-	920	resfriado por água	150
50	O	12	RQ	1.070	900	-	resfriado por ar	-	910	resfriado por água	150
51	O	19	RQ	1.070	920	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150
52	P	6	RQ	1.120	920	-	resfriado por ar	-	880	resfriado por água	150
53	P	25	RQ	1.120	920	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	150

TABELA 3 (continuação)

54	P	32	RQ	1.120	860	-	resfriado por ar	-	910	resfriado por água	150
55	Q	12	RQ	1.080	900	-	resfriado por ar	-	910	resfriado por água	150
56	Q	19	DQ	1.080	880	840	resfriado por água	150	-	-	-
57	Q	25	DQ	1.080	860	820	resfriado por água	150	-	-	-
<u>58</u>	<u>R</u>	6	RQ	1.120	850	-	resfriado por ar	-	880	resfriado por água	310
<u>59</u>	<u>R</u>	19	DQ	1.120	870	830	resfriado por água	320	-	-	-
<u>60</u>	<u>R</u>	35	RQ	1.120	900	-	resfriado por ar	-	850	resfriado por água	310
<u>61</u>	<u>S</u>	6	DQ	1.150	880	840	resfriado por água	310	-	-	-
<u>62</u>	<u>S</u>	19	DQ	1.150	840	820	resfriado por água	310	-	-	-

TABELA 3 (continuação)

Número de Placa de aço	Número de Aço	Espes- sura de Placa (mm)	Tipo de Tratamento*	Laminação a quente					Tratamento Térmico		
				Temperatura de reaquecimento (°C)	Temperatura de Término de Laminação (°C)	Temperatura de Início de Resfriamento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)	Temperatura de Aquecimento (°C)	Método de Resfriamento	Temperatura de interrupção de resfriamento (°C)
<u>63</u>	<u>S</u>	35	DQ	1.150	820	810	resfriado por água	310	-	-	-
<u>64</u>	<u>I</u>	19	RQ	1.130	930	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	310
<u>65</u>	<u>I</u>	25	DQ	1.130	920	890	resfriado por água	310	-	-	-
<u>66</u>	<u>I</u>	35	DQ	1.130	850	830	resfriado por água	310	-	-	-
<u>67</u>	<u>U</u>	12	RQ	1.200	860	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	320
<u>68</u>	<u>U</u>	25	RQ	1.200	890	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	310
<u>69</u>	<u>U</u>	35	DQ	1.200	880	840	resfriado por água	310	-	-	-
<u>70</u>	<u>V</u>	12	RQ	1.180	840	-	resfriado por ar	-	900	resfriado por água	210
<u>71</u>	<u>V</u>	19	RQ	1.180	930	-	resfriado por ar	-	930	resfriado por água	210
<u>72</u>	<u>V</u>	30	DQ	1.180	900	850	resfriado por água	210	-	-	-

Valores sublinhados estão fora do escopo da presente invenção.

*DQ: arrefecimento direto, RQ: arrefecimento de reaquecimento

TABELA 4

Número de Placa de aço	Número de Aço	Teor de Sólido	Estrutura		Dureza de superfície	Tenacidade à baixa temperatura	Resistência ao Desgaste Corrosivo	Observações
		Crsol+ 2,5Mosol (% em massa)	Tamanho de Grão de Grão de Austenita prévia (μm)	Fração de Martensita (%área)	HBW 10/3000	vE-40 (J)	Razão de resistência ao desgaste (Referência: 1.0 (exemplo convencional))	
1	A	0,07	26	93	405	40	1,59	exemplo da presente invenção
2	A	0,08	21	91	413	36	1,54	exemplo da presente invenção
3	A	0,07	19	90	418	33	1,51	exemplo da presente invenção
4	B	1,21	19	95	382	60	2,23	exemplo da presente invenção
5	B	1,18	21	93	386	83	2,28	exemplo da presente invenção
6	B	1,20	23	91	390	80	2,27	exemplo da presente invenção
7	C	0,36	20	94	427	47	1,67	exemplo da presente invenção
8	C	0,35	22	93	430	72	1,73	exemplo da presente invenção
9	C	0,35	24	91	431	60	1,66	exemplo da presente invenção
10	D	0,23	27	93	469	50	1,57	exemplo da presente invenção

TABELA 4 (continuação)

11	D	0,25	28	92	472	47	1,53	exemplo da presente invenção
12	D	0,26	29	90	474	42	1,56	exemplo da presente invenção
13	E	0,44	23	96	479	40	1,77	exemplo da presente invenção
14	E	0,45	21	94	482	61	1,80	exemplo da presente invenção
15	E	0,44	24	92	486	57	1,75	exemplo da presente invenção
16	F	1,03	19	94	365	75	2,12	exemplo da presente invenção
17	F	1,05	21	93	364	72	2,18	exemplo da presente invenção
18	F	1,04	24	91	362	69	2,14	exemplo da presente invenção
19	G	0,21	22	93	406	65	1,61	exemplo da presente invenção
20	G	0,22	24	91	397	70	1,66	exemplo da presente invenção

TABELA 4 (continuação)

Número de Placa de aço	Número de Aço	Teor de Sólido	Estrutura		Dureza de superfície	Tenacidade à baixa temperatura	Resistência ao Desgaste Corrosivo	Observações
		Crsol+ 2,5Mosol (% em massa)	Tamanho de Grão de Grão de Austenita prévia (μm)	Fração de Martensita (%área)	HBW 10/3000	vE-40 (J)	Razão de resistência ao desgaste (Referência: 1,0 (exemplo convencional))	
21	G	0,22	23	91	401	66	1,66	exemplo da presente invenção
22	H	1,21	23	95	433	40	2,22	exemplo da presente invenção
23	H	1,18	25	93	436	55	2,24	exemplo da presente invenção
24	H	1,20	24	91	430	59	2,21	exemplo da presente invenção
25	I	1,13	10	96	435	101	2,29	exemplo da presente invenção
26	I	1,14	14	94	438	97	2,22	exemplo da presente invenção
27	I	1,12	13	93	440	93	2,20	exemplo da presente invenção
28	I	0,29	17	94	410	85	2,00	exemplo da presente invenção
29	J	0,30	18	95	413	80	2,01	exemplo da presente invenção
30	J	0,29	14	91	406	84	2,02	exemplo da presente invenção

TABELA 4 (continuação)

37	K	1,33	9	96	436	73	2,44	exemplo da presente invenção
38	K	1,35	13	93	430	100	2,47	exemplo da presente invenção
39	K	1,31	11	95	433	105	2,45	exemplo da presente invenção
40	L	1,23	10	97	420	72	2,27	exemplo da presente invenção
41	L	1,25	11	95	419	103	2,28	exemplo da presente invenção
42	L	1,26	10	95	416	104	2,22	exemplo da presente invenção

Valores sublinhados estão fora do escopo da presente invenção.

TABELA 5

Número de Placa de aço	Número de Aço	Teor de Sólido	Estrutura		Dureza de superfície	Tenacidade à baixa temperatura	Resistência ao Desgaste Corrosivo	Observações
		Crsol+ 2,5Mosol (% em massa)	Tamanho de grão de Grão de Austenita prévia (μm)	Fração de Martensita (% área)	HBW 10/3000	vE ₄₀ (J)	Razão de resistência ao desgaste (Referência: 1,0 (exemplo convencional))	
43	M	0,36	13	95	415	83	1,97	exemplo da presente invenção
44	M	0,35	17	93	413	79	1,99	exemplo da presente invenção
45	M	0,37	19	91	409	77	1,95	exemplo da presente invenção
46	N	0,22	16	94	440	81	2,09	exemplo da presente invenção
47	N	0,22	13	92	432	89	2,03	exemplo da presente invenção
48	N	0,21	15	91	425	83	2,00	exemplo da presente invenção
49	O	0,35	15	95	405	55	2,10	exemplo da presente invenção
50	O	0,36	14	94	409	86	2,06	exemplo da presente invenção
51	O	0,35	13	93	403	92	2,10	exemplo da presente invenção

TABELA 5 (continuação)

52	P	1,21	15	98	425	55	2,40	exemplo da presente invenção
53	P	1,19	14	96	419	81	2,42	exemplo da presente invenção
54	P	1,18	15	96	423	80	2,42	exemplo da presente invenção
55	Q	1,51	9	99	462	110	2,44	exemplo da presente invenção
56	Q	1,50	7	98	466	99	2,47	exemplo da presente invenção
57	Q	1,50	6	97	460	103	2,42	exemplo da presente invenção
<u>58</u>	R	<u>0,01</u>	<u>36</u>	91	436	11	0,78	exemplo comparativo
<u>59</u>	R	<u>0,01</u>	<u>34</u>	93	441	24	0,73	exemplo comparativo
<u>60</u>	R	<u>0,01</u>	<u>38</u>	90	433	14	0,76	exemplo comparativo
<u>61</u>	S	<u>0,01</u>	<u>35</u>	<u>88</u>	<u>355</u>	13	0,80	exemplo comparativo
<u>62</u>	S	<u>0,02</u>	<u>33</u>	<u>87</u>	<u>352</u>	25	0,70	exemplo comparativo

TABELA 5 (continuação)

Número de Placa de aço	Número de Aço	Teor de Soluto	Estrutura		Dureza de superfície	Tenacidade à baixa temperatura	Resistência ao Desgaste Corrosivo	Observações
		Crsol+ 2,5Mosol (% em massa)	Tamanho de Grão de Grão de Austenita prévia (μm)	Fração de Martensita (%área)	HBW 10/3000	vE ₋₄₀ (J)	Razão de resistência ao desgaste (Referência: 1,0 (exemplo convencional))	
<u>63</u>	<u>S</u>	<u>0,01</u>	<u>31</u>	<u>86</u>	<u>348</u>	27	0,74	exemplo comparativo
<u>64</u>	<u>I</u>	<u>0,04</u>	29	90	435	25	0,92	exemplo comparativo
<u>65</u>	<u>I</u>	<u>0,03</u>	28	<u>88</u>	441	21	0,95	exemplo comparativo
<u>66</u>	<u>I</u>	<u>0,03</u>	29	<u>88</u>	440	23	1,00	exemplo comparativo
<u>67</u>	<u>U</u>	<u>0,04</u>	<u>31</u>	<u>89</u>	401	25	1,14	exemplo comparativo
<u>68</u>	<u>U</u>	<u>0,04</u>	<u>32</u>	<u>87</u>	396	22	1,07	exemplo comparativo
<u>69</u>	<u>U</u>	<u>0,04</u>	<u>32</u>	<u>86</u>	394	20	1,11	exemplo comparativo
<u>70</u>	<u>V</u>	0,29	24	91	<u>290</u>	60	0,64	exemplo comparativo
<u>71</u>	<u>V</u>	0,31	26	90	<u>295</u>	55	0,65	exemplo comparativo
<u>72</u>	<u>V</u>	0,30	23	92	<u>299</u>	53	0,66	exemplo comparativo

Valores sublinhados estão fora do escopo da presente invenção.

[0097] Todos os exemplos da presente invenção exibem dureza de superfície de 360 ou mais em HBW 10/3000, excelente tenacidade à baixa temperatura de vE₋₄₀ de 30 J ou mais (15 J ou mais em um caso do espécime de 1/2 t), e excelente resistência ao desgaste corrosivo da razão de resistência ao desgaste de 1,5 ou mais. Por outro lado, os exemplos comparativos que estão fora do escopo da presente invenção exibem diminuição de dureza de superfície, diminuição de tenacidade à baixa temperatura, diminuição de resistência ao desgaste corrosivo ou diminuição de duas ou mais dessas propriedades.

REIVINDICAÇÕES

1. Placa de aço resistente à abrasão tendo excelente tenacidade à baixa temperatura e excelente resistência ao desgaste corrosivo, caracterizada pelo fato de que tem uma composição contendo, em % em massa:

0,10% a 0,20% de C,

0,05% a 1,00% de Si,

0,1% a 2,0% de Mn,

0,020% ou menos de P,

0,005% ou menos de S,

0,005% a 0,100% de Al,

um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em:

0,05% a 2,0% de Cr, e

0,05% a 1,0% de Mo, e

Fe remanescente e impurezas inevitáveis como um equilíbrio,

em que o teor de soluto Cr em aço e o teor de soluto Mo em aço satisfazem uma fórmula a seguir (1), a placa de aço tendo uma estrutura em que uma fase martensítica na condição de arrefecida forma uma fase principal e um tamanho de grão de grãos de austenita prévia é 30 μm ou menos, e a dureza de superfície da placa de aço é 360 ou mais na dureza Brinel de HBW10/3000.

$$0,05 \leq (\text{Crsol} + 2,5\text{Mosol}) \leq 2,0 \dots (1)$$

em que:

Crsol: o teor de soluto Cr em aço (% em massa), e

Mosol: o teor de soluto Mo em aço (% em massa)

2. Placa de aço resistente à abrasão, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a composição de aço adicionalmente contém, em % em massa, um ou dois ou mais tipos de

componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em:

0,005% a 0,1% de Nb,

0,005% a 0,1% de Ti, e

0,005% a 0,1% de V.

3. Placa de aço resistente à abrasão, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que a composição de aço adicionalmente contém, em % em massa, um ou dois tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em:

0,005% a 0,2% de Sn, e

0,005% a 0,2% de Sb.

4. Placa de aço resistente à abrasão, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de que a composição de aço adicionalmente contém em % em massa, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em:

0,03% a 1,0% de Cu,

0,03% a 2,0% de Ni, e

0,0003% a 0,0030% de B.

5. Placa de aço resistente à abrasão, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizada pelo fato de que a composição de aço adicionalmente contém, em % em massa, um ou dois ou mais tipos de componentes selecionados a partir de um grupo que consiste em:

0,0005% a 0,008% de REM,

0,0005% a 0,005% de Ca, e

0,0005% a 0,005% de Mg.