

(12) **FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

(22) Data de pedido: 2003.03.06	(73) Titular(es): NIPPON STEEL CORPORATION 6-1, MARUNOUCHI 2-CHOME CHIYODA-KU, TOKYO 100-8071 JP
(30) Prioridade(s): 2002.06.12 JP 2002170926	
(43) Data de publicação do pedido: 2005.03.16	
(45) Data e BPI da concessão: 2011.08.17 230/2011	(72) Inventor(es): HIDEKUNI MURAKAMI JP SATOSHI NISHIMURA JP
	(74) Mandatário: ALBERTO HERMÍNIO MANIQUE CANELAS RUA VÍCTOR CORDON, 14 1249-103 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **CHAPA DE AÇO PARA ESMALTAGEM VÍTREA E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO**

(57) Resumo:

É DISPONIBILIZADA UMA CHAPA DE AÇO RESISTENTE AO ENVELHECIMENTO PARA ESMALTAGEM VÍTREA, SENDO A CHAPA DE AÇO EXCELENTE EM TERMOS DE RESISTÊNCIA AO APARECIMENTO DE BOLHAS E MANCHAS NEGRAS, NÃO RECORRENDO AO RECOZIMENTO PARA DESCARBONIZAÇÃO E DESNITRIFICAÇÃO QUE ELEVA O CUSTO DE PRODUÇÃO, E TAMBÉM SEM RECORRER À ADIÇÃO DE COMPONENTES DISPENDIOSOS, TAIS COMO NB, TI, ETC. QUE ELEVAM O CUSTO DAS LIGAS. A CHAPA DE AÇO É COMPOSTA POR COMPONENTES COM AS SEGUINTE PERCENTAGENS, EM PESO: C: 0,0050% OU MENOS; SI: 0,50% OU MENOS; MN: 0,005% A 1,0%; P: 10X(B-11/14XN)% A 0,10%; S: 0,080% OU MENOS; AL: 0,050% OU MENOS; N: 0,0005% A 0,020%; B: (0,60XN)% A 0,020%; E O: 0,002% A 0,0800%, E O FORMATO DOS NITRETOS DE B É CONTROLADO PRINCIPALMENTE PELO AJUSTAMENTO DAS CONDIÇÕES DA LAMINAGEM A QUENTE..

RESUMO**"CHAPA DE AÇO PARA ESMALTAGEM VÍTREA E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO"**

É disponibilizada uma chapa de aço resistente ao envelhecimento para esmaltagem vítrea, sendo a chapa de aço excelente em termos de resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras, não recorrendo ao recozimento para descarbonização e desnitrificação que eleva o custo de produção, e também sem recorrer à adição de componentes dispendiosos, tais como Nb, Ti, etc. que elevam o custo das ligas. A chapa de aço é composta por componentes com as seguintes percentagens, em peso: C: 0,0050% ou menos; Si: 0,50% ou menos; Mn: 0,005% a 1,0%; P: $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ a 0,10%; S: 0,080% ou menos; Al: 0,050% ou menos; N: 0,0005% a 0,020%; B: $(0,60 \times N)\%$ a 0,020%; e O: 0,002% a 0,0800%, e o formato dos nitretos de B é controlado principalmente pelo ajustamento das condições da laminagem a quente.

DESCRIÇÃO**"CHAPA DE AÇO PARA ESMALTAGEM VÍTREA E RESPECTIVO MÉTODO DE PRODUÇÃO"**

Domínio técnico

A presente invenção diz respeito a uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, sendo a chapa excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, e a um método para produzir a chapa de aço a baixo custo.

Técnica Anterior

Uma chapa de aço para a esmaltagem vítrea tem sido convencionalmente produzida pela aplicação de um tratamento de recozimento para descarbonização e desnitrificação, reduzindo o C e N nela contidos até algumas dezenas de ppm, ou menos. No entanto, um tal tratamento de recozimento para descarbonização e desnitrificação tem apresentado como desvantagens a sua baixa produtividade e os elevados custos de produção. Como exemplo de uma tecnologia para evitar um tratamento de recozimento para descarbonização e desnitrificação, a Publicação de Patente Japonesa não Examinada N° H6-122 938 faz a divulgação de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, sendo tal chapa de aço produzida a partir de aço com um ultra-reduzido teor em

carbono, obtido por intermédio da redução do teor em C até algumas dezenas de ppm através da desgasificação num processo siderúrgico. Numa tal tecnologia, a filabilidade e a resistência ao envelhecimento são melhoradas pela adição de Ti, Nb, etc., para evitar os efeitos adversos do soluto de C ou soluto de N que ainda permanecem com pequenos vestígios numa chapa de aço. No entanto, os problemas da tecnologia consistem em que surgem defeitos, tais como bolhas e manchas negras, provavelmente provocados por carbonetos e nitretos, e em que os custos de produção aumentam devido à adição de Ti, Nb, etc.

Como exemplo de tecnologias para resolver estes problemas, foram inventadas chapas de aço para esmaltagem vítrea - onde as quantidades adicionadas de Ti, Nb, etc. foram reduzidas, embora a filabilidade se tenha deteriorado em certa medida - e métodos para produção de chapas de aço, que se encontram divulgadas pelas Publicações de Patente Japonesa não Examinadas N° H8-27 522 e N° H10-102 222, e por outras publicações. Estas tecnologias são aquelas em que é usado o B principalmente para fixação do N. No entanto, os problemas das tecnologias atrás divulgadas são os seguintes: (i) as propriedades de envelhecimento são prejudicadas e, conseqüentemente, fica prejudicada a capacidade de enformação na prensagem, uma vez que a redução do soluto de C é insuficiente, por vezes dependendo das condições de produção, e o N aumenta como consequência da refundição de nitretos durante o recozimento; e (ii) os defeitos, tais como bolhas e manchas negras, irão ser provavelmente provocados pelos gases gerados pela decomposição de nitretos e

compostos semelhantes, durante o cozimento de um esmalte vítreo.

O objectivo da presente invenção consiste em superar os problemas atrás mencionados relacionados com uma chapa de aço convencional para esmaltagem vítrea, proporcionando uma chapa de aço para esmaltagem vítrea resistente ao envelhecimento e de baixo custo, sendo a chapa de aço excelente em termos de resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras, e proporcionando um método para produzir a chapa de aço.

Divulgação da Invenção

Os itens essenciais da presente invenção são os seguintes:

(1) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo a chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0050% ou menos;

Si: 0,50% ou menos;

Mn: 0,005% a 1,0%;

P: $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ a 0,10%;

S: 0,080% ou menos;

Al: 0,050% ou menos;

N: 0,0005% a 0,020%;

B: $(0,60 \times N)\%$ a 0,020%; e

O: 0,002% a 0,0800%.

(2) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo tal chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0025% ou menos;
Si: 0,050% ou menos;
Mn: 0,10% a 0,50%;
P: $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ a 0,030%;
S: 0,030% ou menos;
Al: 0,010% ou menos;
N: 0,0035% a 0,0060%;
B: $(0,60 \times N)\%$ a 0,0060%; e
O: 0,005% a 0,0450%.

(3) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo tal chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0025% ou menos;
Si: 0,050% ou menos;
Mn: 0,10% a 0,50%;
P: $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ a 0,030%;
S: 0,030% ou menos;
Al: 0,010% ou menos;
N: 0,0005% a 0,0033%;
B: $(0,60 \times N)\%$ a $(0,90 \times N)\%$; e
O: 0,005% a 0,0450%.

(4) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer um dos itens (1) a (3), em que tal chapa de aço contém adicionalmente um ou mais dos seguintes componentes Nb, V, Ti, Ni, Cr, Se, As, Ta, W, Mo e Sn, sendo a sua percentagem total, em peso, de 0,030% ou menos.

(5) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer um dos itens (1) a (4), em que tal chapa de aço satisfaz a seguinte condição:

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/

(a quantidade de N existente sob a forma de AlN) $\geq 10,0$.

(6) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer um dos itens (1) a (5), em que tal chapa de aço satisfaz a seguinte condição:

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/

(teor em N) $\geq 0,50$.

(7) Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com

qualquer um dos itens (1) a (6), em que, no que se refere a nitretos simples ou compostos que contenham B ou Al e apresentem um diâmetro de 0,02 μm a 0,50 μm :

o diâmetro médio de tais nitretos é de 0,080 μm ou superior; e

a proporção do número de nitretos com diâmetro de 0,050 μm ou mais pequeno para o número total dos mencionados nitretos é de 10% ou menor

(8) Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, caracterizado pelas seguintes etapas:

manutenção de um brame ("slab") contendo os componentes de acordo com qualquer um dos itens (1) a (4) no intervalo de temperaturas de 900°C a 1100°C (Intervalo de Temperatura Mantida 1) durante 300 minutos ou mais, antes de iniciar a laminagem a quente;

em seguida, manutenção do brame num intervalo de temperaturas não inferior em 50°C acima da mencionada temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 2) durante 10 a 30 minutos;

depois disso, arrefecimento do brame até um intervalo de temperaturas não inferior em 50°C abaixo da mencionada temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 3) com uma velocidade de arrefecimento igual ou inferior a 2°C/s;

manutenção do brame no Intervalo de Temperatura Mantida 3 durante 10 minutos ou mais; e
a partir daqui, início da laminagem a quente.

(9) Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com o item (8), caracterizado por ser ainda controlado o intervalo de tempo que decorre entre o momento em que o enrolamento de uma chapa de aço laminada a quente é concluído a uma temperatura de 700°C a 750°C, num processo de laminagem a quente, e o momento em que a temperatura de tal chapa de aço atinge o valor de 550°C ou menos, o qual deverá ser de 20 minutos ou mais.

(10) Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com o item (8) ou (9), caracterizado pelas seguintes etapas:

início da laminagem a quente;

quando o factor de redução atingir 50% ou mais, manutenção do material laminado a quente num intervalo de temperaturas de 900°C a 1200°C durante 2 minutos ou mais, com a temperatura do dito material laminado a quente não sendo reduzida até 900°C ou a um valor inferior; e

depois disso, iniciar novamente a laminagem a quente.

Melhor Maneira de Levar a Cabo a Invenção

A presente invenção passa agora a ser descrita em maior detalhe. Em primeiro lugar, começa-se por explicar pormenorizadamente a composição química de um aço.

É já sabido que, num aço, quanto menor for o teor em C melhor é a sua trabalhabilidade. Na presente invenção, é necessário controlar o teor em C para valores iguais ou inferiores a 0,0050%, de modo a garantir uma boa resistência ao envelhecimento, uma boa trabalhabilidade e boas propriedades de esmaltagem. A gama preferencial para o teor em C situa-se em 0,0025% ou menos. Embora não seja necessário especificar o limite inferior do teor em C, o seu limite inferior em termos práticos é de 0,0005%, dado que uma maior redução do teor em C aumenta o custo da produção de aço.

Não é obrigatório que o Si seja adicionado intencionalmente e o seu teor deve ser tão baixo quanto possível, já que o Si prejudica as propriedades de esmaltagem. Na presente invenção, como a deterioração das propriedades de esmaltagem é insignificante mesmo com um teor em Si comparativamente elevado, o limite máximo de teor em Si é fixado em 0,50%. Será preferível um teor em Si igual ou inferior a 0,050%, à semelhança da situação de uma chapa de aço comum para esmaltagem vítrea, e um teor em Si com um ainda maior grau de preferência será de 0,010% ou menos.

O Mn é um componente que influencia as propriedades de esmaltagem, em combinação com as quantidades de oxigénio e de S. O Mn é também um componente que evita a fragilidade a quente provocada pelo S durante a laminagem a quente e, num aço da presente invenção em que tal aço contém uma grande quantidade de oxigénio, é exigido que o teor em Mn seja maior ou igual a 0,005%. Por outro lado, se o teor em Mn for elevado, a adesividade do esmalte é afectada de forma adversa e será provável o aparecimento de bolhas e manchas negras, pelo que o limite superior é fixado como sendo de 1,0%, situando-se de preferência entre 0,1% e 0,5%.

No que se refere ao P, quando o seu teor for baixo cresce o tamanho de grão dos cristais e ficam prejudicadas as propriedades de envelhecimento, mas o limite inferior do teor é determinado em correlação com os teores em B e N. Por outro lado, quando o teor em P exceder os 0,10%, a presença de P irá não só endurecer o material e prejudicar a trabalhabilidade sob pressão, como também irá acelerar o grau de decaagem durante um pós-tratamento para esmaltagem e aumentar a fuligem ("smuts"), provocando bolhas e manchas negras. Nestas circunstâncias, na presente invenção é especificado que o teor em P se situa no intervalo que vai desde $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ até 0,10%, de preferência desde $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ até 0,30%.

A presença de S faz aumentar a quantidade de

fuligem na decapagem durante um pós-tratamento para esmaltagem, e faz com que haja tendência para o aparecimento de bolhas e manchas negras. Portanto, o teor em S é fixado num valor menor ou igual a 0,080%, de preferência em 0,030% ou menos.

Quando o teor em Al é muito elevado, torna-se impossível controlar a quantidade de O no aço, dentro de um intervalo regulado. Além disso, também no que diz respeito ao controlo de nitretos, os nitretos de Al geram gases pela sua reacção com a água durante o cozimento do esmalte vítreo e têm tendência para provocar defeitos de bolhas, razão pela qual a presença de Al não é desejável. Nestas circunstâncias, o teor em Al fica restringido a um valor menor ou igual a 0,050%, sendo de preferência de 0,010% ou menos.

O N é um componente importante para controlar o estado do BN na presente invenção. Será preferível que o teor em N seja tão baixo quanto possível, do ponto de vista das propriedades de envelhecimento e da resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras. No entanto, quando o teor é inferior a 0,0005%, podem-se obter boas propriedades mesmo sem a adição de B, que é uma exigência na presente invenção. Nestas circunstâncias, o teor em N na presente invenção é estabelecido em 0,0005% ou mais. O limite superior de N foi fixado como sendo de 0,020%, em relação com o teor em B que é determinado com base na relação com a quantidade de oxigénio no aço. Um limite

superior preferível será 0,0050%. Note-se que, a fim de controlar os nitretos num formato desejável, será preferível que o teor em N se situe entre 0,0035% e 0,0060%, e com maior grau de preferência entre 0,0005% e 0,0033%.

O B é também um componente importante para controlar o estado do BN na presente invenção. Embora seja preferível que o teor em B seja tão elevado quanto possível a fim de controlar o BN em bom estado, quando se pretende adicionar B em grande abundância o rendimento num processo siderúrgico tende a deteriorar-se, sobretudo no caso de um aço que, como acontece na presente invenção, contém O em abundância. Nestas circunstâncias, o limite superior para o teor em B é fixado em 0,020%, sendo de preferência de 0,0060% ou 0,90 vezes o teor em N. O limite inferior para o mesmo é fixado em 0,60 vezes o teor em N.

O componente O tem uma influência directa sobre a resistência de fractura escamosa. Ele também vai afectar a adesividade do esmalte e a resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras, em combinação com o teor em Mn. Será necessário um teor em O de 0,002% ou mais para que esses efeitos se manifestem. Por outro lado, um alto teor em O faz baixar o rendimento de adição de B durante a produção de aço, faz com que seja difícil de manter um bom estado dos nitretos de B, e prejudica a trabalhabilidade, as propriedades de envelhecimento e a resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras. Por este conjunto

de razões, o limite superior do teor em O é fixado como sendo de 0,0800%. Nestas circunstâncias, o teor em O é estabelecido no intervalo de 0,002% a 0,0800%, situando-se de preferência entre 0,005% e 0,0450%.

Uma condição importante da presente invenção passa pelo controlo do tipo e da quantidade de nitretos de B, pelo que um aço de acordo com a presente invenção deverá satisfazer uma das seguintes condições:

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(a quantidade de N existente sob a forma de AlN) $\geq 10,0$; e

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(teor em N) $\geq 0,50$;

e preferencialmente

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(a quantidade de N existente sob a forma de AlN) $\geq 20,0$; e

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(teor em N) $\geq 0,70$. O motivo não está ainda completamente esclarecido, mas pensa-se que a fixação do N sob a forma de nitretos, particularmente no caso de nitretos de B estáveis que são considerados como sendo dificilmente decomponíveis durante o recozimento ou durante o cozimento de esmalte vítreo, é eficaz na garantia de uma boa resistência ao envelhecimento e resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras. No atrás exposto, as expressões "a quantidade de N existente sob a forma de BN" e "a quantidade de N existente sob a forma de AlN" representam os valores obtidos através da análise das quantidades de B e de Al num

resíduo, quando uma chapa de aço é dissolvida numa solução alcoólica de iodo, calculando-se depois as quantidades de N referentes a todas as quantidades de B e de Al, respectivamente como constituintes do BN e do AlN.

A distribuição dos tamanhos dos nitretos constitui também um importante factor para melhorar a resistência ao envelhecimento e a resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras. No que se refere a nitretos simples ou compostos, que contêm B ou Al e com diâmetros que vão de 0,02 μm a 0,50 μm , a presente invenção restringe o diâmetro médio dos nitretos a um valor maior ou igual a 0,080 μm , e a proporção do número de nitretos com diâmetros iguais ou menores que 0,02 μm relativamente ao número total dos ditos nitretos deverá ser de 10% ou inferior. O motivo não está ainda completamente esclarecido, mas pensa-se que os nitretos de B, embora sendo estáveis em situações de elevada temperatura como as que ocorrem no processo de recozimento ou de cozimento de esmalte vítreo, têm propensão para se decompor quando são finos, prejudicando conseqüentemente a resistência ao envelhecimento e a resistência ao aparecimento de bolhas e manchas negras. No atrás exposto, o número e o diâmetro dos precipitados representam os valores obtidos através da observação de uma réplica de extracção, recolhida a partir de uma chapa de aço pelo método SPEED utilizando um microscópio electrónico, sendo medido o número e o diâmetro dos precipitados num campo visual não tendo desvios. A distribuição dos tamanhos dos precipitados pode ser obtida ao fotografar diversos campos visuais e aplicando análise de imagens às fotografias. A razão pela

qual o diâmetro do BN pretendido é fixado como sendo de 0,02 μm ou superior é justificada pelo facto de as análises quantitativa e qualitativa de precipitados finos não serem consideradas como sendo perfeitas, mesmo com as mais recentes tecnologias de medição, podendo portanto ocorrer significativos erros. Por outro lado, a razão pela qual o diâmetro dos nitretos pretendidos é fixado como sendo de 0,50 μm ou inferior é justificada pelo facto de, quando B, Al ou N estiverem contidos em óxidos de grandes dimensões que existem de forma abundante num aço de acordo com a presente invenção, estes poderiam igualmente ser medidos de forma indesejável e poderiam criar erros nos resultados da medição para os nitretos pretendidos. Por este conjunto de razões, na presente invenção, a gama de nitretos é especificada em relação aos precipitados que apresentem tamanhos permitindo uma expectativa de erros de medição ainda mais pequenos. Um precipitado apresentando um formato alongado é por vezes observado, principalmente entre os precipitados que são compostos com MnS. Em tal caso, quando o formato não for isotrópico, é usado um valor médio entre o comprimento e a largura como diâmetro do precipitado.

É já bem sabido que o Cu tem as funções de supressão do grau de decapagem durante um pós-tratamento para esmaltagem, e de melhoria da adesividade. O facto de se adicionar Cu em cerca de 0,02%, a fim de tornar efectivas as funções do Cu num tratamento de esmaltagem com camada única, não inviabiliza os efeitos pretendidos com a presente invenção. No entanto, as quantidades de soluto de C e de N são muito pequenas, no caso da presente invenção

e, conseqüentemente, se a função de supressão da decapagem for excessivamente forte, ir-se-á deteriorar a adesividade no decurso da decapagem reduzida. Por essa razão, o limite superior do teor em Cu deve ser restringido a cerca de 0,04%, mesmo quando for adicionado Cu.

Os componentes Ti, Nb, V, Ni, Cr, Se, As, Ta, W, Mo e Sn não inviabilizam os efeitos pretendidos com a presente invenção, desde que, no seu conjunto, um ou mais de tais componentes não ultrapassem uma percentagem de 0,030%. Por outras palavras, desde que o teor total deles se situe dentro do intervalo atrás referido, é possível adicioná-los activamente - para além daquelas quantidades dos mesmos que já estão inevitavelmente incluídas, provindo do minério de ferro, sucatas e de outros elementos - com a expectativa de que possa ser obtida alguma vantagem no método de produção ou na qualidade, adicionalmente às vantagens já previstas na presente invenção.

Em seguida, o método de produção passará a ser explicado. Os efeitos da presente invenção poderão ser obtidos em qualquer um dos processos de fundição.

A evolução temporal da temperatura durante a laminagem a quente afecta em grande medida o controlo dos precipitados de B, como foi atrás mencionado. A fim de controlar o valor da razão (a quantidade de N existente sob a forma de BN)/(a quantidade de N existente sob a forma de AlN) de modo a ser igual ou superior a 10,0, é desejável proceder, por exemplo, da seguinte maneira: (i) manutenção do

brame no intervalo de temperaturas de 900°C a 1100°C (Intervalo de Temperatura Mantida 1) durante 300 minutos ou mais, antes de iniciar a laminagem a quente; (ii) em seguida, manutenção do brame num intervalo de temperaturas não inferior em 50°C acima da temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 2) durante 10 a 30 minutos; (iii) depois disso, arrefecimento do brame até um intervalo de temperaturas não inferior em 50°C abaixo da temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 3) com uma velocidade de arrefecimento igual ou inferior a 2°C/s; (iv) manutenção do brame no Intervalo de Temperatura Mantida 3 durante 10 minutos ou mais; e (v) a partir daqui, início da laminagem a quente.

Por outro lado, também é possível controlar o estado dos precipitados de B por intermédio da evolução temporal da temperatura após a laminagem a quente.

A fim de controlar o valor da razão (a quantidade de N existente sob a forma de BN)/(teor em N)) de modo a ser igual ou superior a 0,50, é desejável, por exemplo, controlar o intervalo de tempo que decorre entre o momento em que se conclui o enrolamento de uma chapa de aço laminada a quente a uma temperatura de 700°C a 750°C num processo de laminagem a quente, e o momento em que a temperatura de tal chapa de aço se reduziu e atinge o valor de 550°C ou menos, o qual deverá ser de 20 minutos ou mais.

Além disso, é possível otimizar a distribuição dos tamanhos de precipitados, controlando a evolução

temporal da temperatura e o factor de redução durante a laminagem a quente.

A fim de satisfazer a condição de, em relação a nitretos simples ou compostos que contêm B ou Al, $0,02\ \mu\text{m}$ a $0,50\ \mu\text{m}$ em diâmetro: o diâmetro médio de tais nitretos seja igual ou superior a $0,080\ \mu\text{m}$; e a proporção do número de nitretos com diâmetros iguais ou menores a $0,050\ \mu\text{m}$ relativamente ao número total dos ditos nitretos seja de 10% ou inferior; é desejável, por exemplo: dar início à laminagem a quente; após o factor de redução atingir 50% ou mais, manter o material laminado a quente no intervalo de temperaturas de 900°C a 1200°C durante 2 minutos ou mais, com a temperatura do dito material não sendo reduzida a 900°C ou menos; e a partir daqui, iniciar a laminagem a quente novamente.

Ou seja, o objectivo pretendido ao especificar as condições de laminagem a quente, como foi atrás explicado, é o de controlar o formato dos precipitados de acordo com um desejável estado.

Quanto mais elevada for a temperatura antes do início de laminagem a quente, tanto mais os precipitados se irão dissolver. Consequentemente, à medida que a temperatura se reduz com a progressão da laminagem a quente que vai decorrendo, aumenta a possibilidade de que componentes dissolvidos possam precipitar segundo taxas indesejáveis para os componentes, ou indesejáveis formatos.

Se a temperatura se reduzir excessivamente, não só deixa de ser possível controlar o factor de composição dos precipitados de acordo com um estado preferencial, mas também a dispersão dos componentes que formam precipitados durante a manutenção da temperatura é desacelerada, e isso faz com que os precipitados cresçam de uma forma que não era esperada.

Atendendo em particular ao crescimento de precipitados durante a manutenção da temperatura, é necessário tomar em consideração não só a influência da temperatura, mas também do tempo. O controlo da velocidade de arrefecimento é importante, no intuito de suprimir a afinagem dos precipitados que se formam à medida que os componentes, que se tenham dissolvido durante a manutenção da temperatura, se vão precipitando com a queda da temperatura.

É desejável um controlo rigoroso do padrão térmico, incluindo uma temperatura de aquecimento, um período de aquecimento e uma velocidade de arrefecimento, a fim de controlar os precipitados de forma ideal.

Além disso, relativamente ao comportamento da precipitação, é já bem conhecido um fenómeno que promove a precipitação (precipitação induzida por tensão) provocado pela introdução de uma tensão durante a precipitação, e quando esta precipitação induzida por tensão é aplicada a um aço de acordo com a presente invenção, a relação de composição dos precipitados passa para um estado preferencial. O motivo não está ainda esclarecido, mas pensa-se que

estará associado com o seguinte: (i) uma tensão provocada pela consistência com uma fase original ("parent phase") vai variar de acordo com o tipo de precipitados; (ii) por essa razão, a interacção com a tensão induzida pelo trabalho mecânico também irá variar de acordo com os precipitados; e (iii) nestas circunstâncias, num aço de acordo com a presente invenção, os precipitados que são preferíveis em termos de trabalhabilidade e propriedades de envelhecimento irão preferencialmente crescer.

O controlo de temperatura atrás mencionado é aplicado no estado em que uma fase original de uma chapa de aço é predominantemente composta por uma fase austenítica, sendo também importante a evolução temporal da temperatura após uma fase original se ter transformado em ferrite, devido a uma queda de temperatura na segunda metade final de um processo de laminagem a quente.

Pensa-se que, na presente invenção, a razão para isso ter acontecido está em que os precipitados estáveis variam em função da fase original, apesar de a solubilidade dos principais precipitados pretendidos poder diminuir com a transformação da fase original de austenite para ferrite, e a precipitação poder avançar rapidamente.

Ou seja, dado que os precipitados que tinham sido estáveis até esse momento se decompõem, e são formados novos precipitados - que acabaram de ser estabilizados - pela transformação de uma fase original, a composição dos precipitados irá variar consecutivamente.

Partindo deste ponto de vista, torna-se importante a evolução temporal da temperatura num processo de enrolamento em que uma chapa de aço é mantida a uma temperatura relativamente elevada numa fase ferrítica.

É desejável que o factor de redução a frio seja de 60% ou mais, a fim de obter uma chapa de aço apresentando uma boa filabilidade. Quando for particularmente pretendida uma filabilidade ainda maior, será preferível que o factor de redução a frio seja 75% ou mais.

No que diz respeito ao recozimento, os efeitos da presente invenção não se alteram nem com o recozimento em reservatório nem com o recozimento contínuo, e eles ir-se-ão manifestar desde que a temperatura não seja inferior à temperatura de recristalização. Do ponto de vista da redução de custos, que constitui uma característica específica da presente invenção, o recozimento contínuo é preferível. Um aço de acordo com a presente invenção não é necessariamente recozido a uma temperatura elevada, uma vez que ele é caracterizado por concluir a recristalização a 630°C, mesmo com um recozimento de curta duração.

A laminagem superficial é realizada com a finalidade de corrigir o formato de uma chapa de aço, ou de suprimir a geração de alongamento no limite de elasticidade durante o trabalho mecânico. A laminagem superficial é normalmente aplicada com um factor de redução de cerca de 0,6% a 2%, a fim de suprimir o alongamento no limite de

elasticidade, ao mesmo tempo que se evita a deterioração da trabalhabilidade (alongamento) devida ao trabalho de laminagem. No entanto, na presente invenção, a geração de alongamento no limite de elasticidade é suprimida, mesmo sem a aplicação de laminagem superficial, e a deterioração da trabalhabilidade é baixa, mesmo com um factor de redução relativamente elevado na laminagem superficial. Ao aplicar a laminagem superficial, é desejável fixar a gama do factor de redução num valor igual ou menor que 5%.

Além disso, a fim de garantir a adesividade do esmalte, será preferível, a título de exemplo, aplicar uma niquelagem com cerca de $0,01 \text{ g/m}^2$ a 2 g/m^2 , após a laminagem a frio ou após o recozimento.

Exemplo

Os brames de fundição contínua constituídos pelos diversas composições químicas apresentadas na Tabela 1 foram submetidos a laminagem a quente, laminagem a frio, recozimento e laminagem superficial nas condições indicadas na Tabela 2. O estado dos nitretos, propriedades mecânicas e propriedades de esmaltagem das chapas de aço são apresentados na Tabela 3.

As propriedades mecânicas foram avaliadas pelos ensaios de tracção especificados no Teste N° 5 da JIS. Foi obtido um valor para o índice de envelhecimento ("Aging Index - AI") através da imposição de uma pré-tensão de 10% em conjunto com a tensão, tendo sido medida a diferença das

tensões entre o momento que antecedeu e o que se sucedeu ao envelhecimento a 100°C durante 60 minutos.

As propriedades de esmaltagem foram avaliadas após as etapas do processamento mostradas na Tabela 4. De entre as propriedades de esmaltagem, foram avaliados as propriedades superficiais relativamente a bolhas e manchas negras por observação visual, sob a condição de um prolongado período de decapagem de 20 minutos. A adesividade da esmaltagem foi avaliada sob a condição de um curto período de decapagem de 3 minutos. Dado que o método P.E.I. (ASTM C313-59) vulgarmente usado para testar a adesividade se mostrou incapaz de detectar pequenas diferenças na adesividade do esmalte, a adesividade do esmalte foi avaliada deixando cair um peso de 2,0 kg com uma cabeça esférica sobre um provete desde uma altura de 1 m, medindo o estado de esfoliação da película de esmaltagem na área deformada usando 169 agulhas de ensaio, e calculando a percentagem de área não esfoliada. A resistência à fractura escamosa foi avaliada pela realização do teste acelerado de fractura escamosa - em que três chapas de aço foram pré-tratadas por decapagem durante 3 minutos sem imersão de Ni, polidas com um polimento para esmaltagem de camada única directa, secas, cozidas durante 3 minutos num forno de cozimento mantido a 850°C e tendo um ponto de orvalho de 50°C, e posteriormente conservadas durante 10 horas num tanque mantido a uma temperatura constante de 160°C - tendo sido realizada uma apreciação visual relativamente ao surgimento ou não de fracturas escamosas.

Como é evidente a partir dos resultados apresentados na Tabela 3, as chapas de aço de acordo com a presente invenção são as melhores chapas de aço para esmaltagem vítrea em termos de trabalhabilidade (alongamento), propriedades de resistência ao envelhecimento e de esmaltagem.

Tabela 1

N°	Componentes químicos (% em peso)								
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	O
1	0,0020	0,011	0,32	0,009	0,018	0,002	0,0034	0,0023	0,041
2	0,0012	0,45	0,15	0,088	0,012	0,003	0,0029	0,0020	0,035
3	0,0008	0,005	0,30	0,002	0,011	0,001	0,0032	0,0025	0,062
4	0,0015	0,008	0,26	0,041	0,015	0,002	0,0045	0,0070	0,026
5	0,0016	0,005	0,28	0,015	0,026	0,005	0,0115	0,0075	0,033
6	0,0022	0,003	0,44	0,007	0,052	0,002	0,0035	0,0033	0,044
7	0,0027	0,39	0,80	0,023	0,015	0,003	0,0020	0,0024	0,008
8	0,0018	0,006	0,30	0,083	0,015	0,006	0,0022	0,0034	0,010
9	0,0016	0,004	0,33	0,012	0,015	0,008	0,0041	0,0028	0,007
10	0,0011	0,022	0,06	0,006	0,011	0,002	0,0052	0,0039	0,039
11	0,0006	0,005	0,26	0,019	0,023	0,001	0,0049	0,0055	0,024
12	0,0020	0,004	0,27	0,004	0,024	0,005	0,0057	0,0041	0,011
13	0,0014	0,002	0,38	0,026	0,016	0,003	0,0050	0,0040	0,034
14	0,0012	0,005	0,04	0,028	0,014	0,004	0,0042	0,0057	0,036
15	0,0035	0,008	0,22	0,010	0,011	0,003	0,0049	0,0033	0,029
16	0,0013	0,009	0,17	0,009	0,008	0,003	0,0054	0,0034	0,035
17	0,0012	0,004	0,12	0,009	0,002	0,002	0,0016	0,0013	0,022
18	0,0011	0,031	0,27	0,008	0,015	0,007	0,0032	0,0027	0,015
19	0,0016	0,005	0,30	0,004	0,012	0,002	0,0018	0,0013	0,026
20	0,0011	0,005	0,35	0,022	0,011	0,003	0,0020	0,0017	0,035
21	0,0022	0,003	0,30	0,010	0,019	0,008	0,0028	0,0022	0,008
22	0,0014	0,004	0,24	0,010	0,022	0,004	0,0022	0,0018	0,031
23	0,0018	0,005	0,18	0,009	0,015	0,002	0,0023	0,0016	0,042
24	0,0010	0,003	0,21	0,013	0,014	0,004	0,0020	0,0013	0,030
25	0,0060	0,003	0,32	0,015	0,012	0,003	0,0034	0,0015	0,031
26	0,0022	0,003	0,35	0,015	0,008	0,012	0,0016	0,0032	0,001

Tabela 2

Nº	Condições de aquecimento da laminagem a quente							Condições de enrolamento da laminagem a quente		Condições da laminagem a quente		
	Intervalo de Temperatura Mantida 1		Intervalo de Temperatura Mantida 2		Velocidade de arrefecimento desde o Intervalo de Temperatura Mantida 1 até ao Intervalo de Temperatura Mantida 2 (°C/s)	Intervalo de Temperatura Mantida 3		Temperatura de enrolamento (°C)	Período de manutenção (min.)	Factor de redução antes da manutenção de temperatura (%)	Temperatura mantida (°C)	Período de manutenção (min.)
	Temperatura (°C)	Período (min.)	Temperatura (°C)	Período (min.)		Temperatura (°C)	Período (min.)					
1	1100	250	-	-	-	-	-	650	10	-	-	-
2	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
3	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
4	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
5	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
6	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
7	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
8	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	75	950	10
9	1100	250	-	-	-	-	-	650	10	-	-	-
10	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
11	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
12	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
13	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-

(continuação)

Nº	Condições de aquecimento da laminagem a quente							Condições de enrolamento da laminagem a quente		Condições da laminagem a quente		
	Intervalo de Temperatura Mantida 1		Intervalo de Temperatura Mantida 2		Velocidade de arrefecimento desde o Intervalo de Temperatura Mantida 1 até ao Intervalo de Temperatura Mantida 2 (°C/s)	Intervalo de Temperatura Mantida 3		Temperatura de enrolamento (°C)	Período de manutenção (min.)	Factor de redução antes da manutenção de temperatura (%)	Temperatura mantida (°C)	Período de manutenção (min.)
	Temperatura (°C)	Período (min.)	Temperatura (°C)	Período (min.)		Temperatura (°C)	Período (min.)					
14	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
15	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
16	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	75	950	10
17	1100	250	-	-	-	-	-	650	10	-	-	-
18	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
19	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
20	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	650	10	-	-	-
21	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
22	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
23	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	-	-	-
24	1080	360	1150	15	1,5	1030	30	730	100	75	950	10
25	1100	250	-	-	-	-	-	650	10	-	-	-
26	1100	250	-	-	-	-	-	650	10	-	-	-

O símbolo "-" significa que a condição não foi aplicada

Tabela 3

Nº					Propriedades mecânicas			Propriedades de envelhecimento		Propriedades da esmaltação		Notas
	NemBN/ NemALN	NemBN/ N	Diâmetro médio de grão (µm)	Proporção de precipitados finos	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	AI (MPa)	Resistência a fractura escamosa	Adesividade (%)	Propriedades superficiais	
1	5,2	0,43	0,02	90	186	316	54	30	Δ	95	Δ	Com.
2	3,3	0,20	0,09	10	375	523	33	50	O	92	Δ	Inv.
3	6,9	0,80	0,05	60	177	308	56	5	O	92	Δ	Ref.
4	12	0,48	0,05	70	251	385	48	30	O	93	Δ	
5	14	0,52	0,07	20	217	348	51	5	O	90	O	
6	8,8	0,90	0,10	7	200	330	50	1	O	94	O	
7	16	0,33	0,12	8	295	435	25	20	O	90	O	
8	26	0,82	0,14	8	339	477	39	2	O	100	⊙	
9	6,3	0,45	0,05	20	204	335	52	2	O	96	O	Com.
10	6,8	0,45	0,24	5	160	291	60	2	O	98	O	Inv.
11	6,8	1,00	0,19	40	209	341	52	0	⊙	96	O	Ref.
12	21	0,37	0,24	15	171	301	55	10	⊙	96	O	
13	>50	0,90	0,12	80	220	353	49	1	⊙	98	⊙	
14	6,7	0,95	0,35	4	235	368	46	1	O	100	O	Inv.
15	24	0,77	0,28	2	190	320	54	3	⊙	98	⊙	
16	>50	1,00	0,55	2	179	309	56	0	⊙	100	⊙	

(continuação)

Nº					Propriedades mecânicas			Propriedades de envelhecimento		Propriedades da esmaltagem		Notas
	NemEN/ NemALN	NemEN/ N	Diâmetro médio de grão (µm)	Proporção de precipitados finos	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	AI (MPa)	Resistência a fractura escamosa	Adesividade (%)	Propriedades superficiais	
17	4,1	0,22	0,08	30	171	302	59	10	O	95	Δ	Com.
18	8,2	0,48	0,19	10	197	328	53	8	O	98	O	Inv.
19	6,7	0,74	0,06	50	166	296	56	6	O	98	O	Ref.
20	>50	0,48	0,14	20	204	336	52	7	O	95	O	
21	25	1,00	0,06	20	205	336	45	0	O	100	O	
22	9,1	1,00	0,13	5	179	310	56	2	O	100	O	Inv.
23	14	0,41	0,31	5	181	312	57	5	⊙	98	⊙	
24	>50	0,83	0,14	4	182	314	56	0	⊙	100	⊙	
25	5,3	0,20	0,04	80	222	322	53	70	x	85	x	Exemplos comparativos
26	8,1	0,43	0,07	30	212	312	50	40	x	80	x	

⊙: Muito bom; O: Bom; Δ- Nível convencional; x: Fraco

Inv.: Exemplos da invenção, Ref.:Exemplos de referência, Com.: Exemplos comparativos

Tabela 4

Etapas do processo		Condições
1	Desengorduramento	Desengordurante alcalino
2	Enxaguamento com água quente	
3	Enxaguamento com água	
4	Decapagem	Imersão em 15% H_2SO_4 , 75°Cx3 minutos ou 20minutos
5	Enxaguamento com água	
6	Niquelagem	Imersão em 2% $NiSO_4$, 70°Cx3minutos
7	Enxaguamento com água	
8	Neutralização	Imersão em 2% Na_2CO_3 , 75°Cx5 minutos
9	Secagem	
10	Polimento	Polimento de camada única directa, 100 μm de espessura
11	Secagem	160°Cx10 minutos
12	Cozimento	840°Cx3minutos

As chapas de aço de acordo com a presente invenção apresentam boa trabalhabilidade e, além disso, satisfazem todas as características de resistência à fractura escamosa, adesividade do esmalte e propriedades superficiais que são exigíveis a uma chapa de aço para esmaltagem vítrea. Em particular, a presente invenção torna possível uma considerável redução de custos, e tem uma grande importância industrial porque torna viável a produção de uma chapa de aço excelente em termos de trabalhabilidade e de resistência ao envelhecimento, com recozimento de descarbonização ou recozimento de descarbonização e desnitrificação que podem ser aplicados a um convencional aço com elevado teor em oxigénio sem conter componentes dispendiosos tais como Ti ou Nb.

Lisboa, 15 de Novembro de 2011

REIVINDICAÇÕES

1. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo tal chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0050% ou menos;

Si: 0,50% ou menos;

Mn: 0,005% a 1,0%;

P: $10 \times (B-11/14 \times N)\%$ a 0,10%;

S: 0,080% ou menos;

Al: 0,050% ou menos;

N: 0,0005% a 0,020%;

B: $(0,60 \times N)\%$ a 0,020%;

O: 0,002% a 0,0800%; e

sendo o restante constituído por Fe e impurezas inevitáveis, contendo ainda a chapa de aço nitretos simples ou compostos apresentando um diâmetro de 0,02 μm a 0,50 μm que contêm B ou Al e tendo o diâmetro médio de 0,080 μm ou superior, em que a proporção do número de nitretos com diâmetro menor ou igual a 0,050 μm relativamente ao número total dos mencionados nitretos é de 10% ou menor.

2. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de

envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo tal chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0025% ou menos;
Si: 0,050% ou menos;
Mn: 0,10% a 0,50%;
P: $10 \times (B-11/14 \times N) \%$ a 0,030%;
S: 0,030% ou menos;
Al: 0,010% ou menos;
N: 0,0035% a 0,0060%;
B: $(0,60 \times N) \%$ a 0,0060%;
O: 0,005% a 0,0450%; e

sendo o restante constituído por Fe e impurezas inevitáveis, contendo ainda a chapa de aço nitretos simples ou compostos apresentando um diâmetro de 0,02 μm a 0,50 μm que contêm B ou Al e tendo o diâmetro médio de 0,080 μm ou superior, em que a proporção do número de nitretos com diâmetro menor ou igual a 0,050 μm relativamente ao número total dos mencionados nitretos é de 10% ou menor.

3. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, contendo tal chapa de aço componentes com as seguintes percentagens, em peso:

C: 0,0025% ou menos;
Si: 0,050% ou menos;
Mn: 0,10% a 0,50%;
P: $10 \times (B-11/14 \times N) \%$ a 0,030%;
S: 0,030% ou menos;
Al: 0,010% ou menos;
N: 0,0005% a 0,0033%;
B: $(0,60 \times N) \%$ a $(0,90 \times N) \%$;
O: 0,005% a 0,0450%; e

sendo o restante constituído por Fe e impurezas inevitáveis, contendo ainda a chapa de aço nitretos simples ou compostos apresentando um diâmetro de 0,02 µm a 0,50 µm que contém B ou Al e tendo o diâmetro médio de 0,080 µm ou superior, em que a proporção do número de nitretos com diâmetro menor ou igual a 0,050 µm relativamente ao número total dos mencionados nitretos é de 10% ou menor.

4. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, em que a chapa de aço contém adicionalmente um ou mais dos seguintes componentes Nb, V, Ti, Ni, Cr, Se, As, Ta, W, Mo e Sn, sendo a sua percentagem total, em peso, de 0,030% ou menos.

5. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de

envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, em que tal chapa de aço satisfaz a seguinte condição:

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(a quantidade de N existente sob a forma de AlN) $\geq 10,0$.

6. Uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, em que tal chapa de aço satisfaz a seguinte condição:

(a quantidade de N existente sob a forma de BN)/
(teor em N) $\geq 0,50$.

7. Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem, caracterizado pelas seguintes etapas:

manutenção de um brame, que contém os componentes de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, num intervalo de temperaturas de 900°C a 1100°C (Intervalo de Temperatura Mantida 1) durante 300 minutos ou mais, antes de iniciar a laminagem a quente;

em seguida, manutenção do brame num intervalo de temperaturas não inferior em 50°C acima da mencionada

temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 2) durante 10 a 30 minutos;

depois disso, arrefecimento do brame até um intervalo de temperaturas não inferior em 50°C abaixo da mencionada temperatura mantida (Intervalo de Temperatura Mantida 3) com uma velocidade de arrefecimento igual ou inferior a 2°C/s;

manutenção do brame no mencionado Intervalo de Temperatura Mantida 3 durante 10 minutos ou mais; e, posteriormente, início da laminagem a quente.

8. Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com a reivindicação 7, em que a laminagem a quente é controlada sob a seguinte condição: o intervalo de tempo que decorre entre o momento em que é concluído o enrolamento de uma chapa de aço laminada a quente a uma temperatura de 700°C a 750°C num processo de laminagem a quente, e o momento em que a temperatura de tal chapa de aço atinge o valor de 550°C ou menos, será de 20 minutos ou mais.

9. Um método para produção de uma chapa de aço para esmaltagem vítrea, excelente em termos de trabalhabilidade, propriedades de envelhecimento e propriedades de esmaltagem de acordo com a reivindicação 7 ou 8, em que a chapa de aço laminada a quente é mantida num intervalo de

temperaturas de 900°C a 1200°C durante 2 minutos ou mais, com a temperatura da dita chapa de aço não sendo reduzida a 900°C ou menos quando o factor de redução atingir 50% ou mais depois do início da laminagem a quente, sendo depois disso a laminagem a quente novamente iniciada.

Lisboa, 15 de Novembro de 2011