



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1011073-9 B1



(22) Data do Depósito: 25/06/2010

(45) Data de Concessão: 27/07/2021

(54) Título: MÉTODO PARA PREVER A QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DE BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA E MÉTODO PARA PRODUZIR BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA UTILIZANDO O MESMO

(51) Int.Cl.: B22D 11/16; B21B 1/26; B21B 1/40.

(30) Prioridade Unionista: 24/07/2009 KR 10-2009-0068093; 26/06/2009 KR 10-2009-0057881; 27/08/2009 KR 10-2009-0079868.

(73) Titular(es): HYUNDAI STEEL COMPANY.

(72) Inventor(es): WONJAE CHO; HYOJOONG KWON; KYOUNGHO SO; KAEYOUNG LEE; JUTAE CHOI; JINSOON JANG; SUKHYUN YOO.

(86) Pedido PCT: PCT KR2010004130 de 25/06/2010

(87) Publicação PCT: WO 2010/151071 de 29/12/2010

(85) Data do Início da Fase Nacional: 02/12/2011

(57) Resumo: MÉTODO PARA PREVER A QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DE BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA E MÉTODO PARA PRODUZIR BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA UTILIZANDO O MESMO É revelado um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina incluindo calcular o equivalente de Cu (Eg. de Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido em uma equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu}) - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapafina pelo índice de rachadura de superfície. Um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo também é provido. De acordo com esta invenção, o defeito de rachadura de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina pode ser previsto mediante cálculo do equivalente de Cu do aço derretido, e assim uma chapa fina que satisfaz o padrão de qualidade demandado por um consumidor pode ser provida, e isso resulta em maior produtividade e confiabilidade do produto.

“MÉTODO PARA PREVER A QUALIDADE DE SUPERFÍCIE DE BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA E MÉTODO PARA PRODUIR BOBINA LAMINADA A QUENTE DE CHAPA FINA UTILIZANDO O MESMO”

CAMPO TÉCNICO

5 A presente invenção se refere a um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina e a um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo e, mais especificamente, a um método de prover a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, na qual uma rachadura de superfície, que é um defeito de superfície típico da bobina laminada a
10 quente de chapa fina, é reduzida, aperfeiçoando assim a qualidade de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina, e a um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo.

FUNDAMENTOS DA TÉCNICA

Em um processo de fundição de chapa, uma chapa fina é fundida em uma forma
15 próxima de um produto final e é fundida para ter espessura menor, e um processo de laminação de desbaste pode ser omitido nas instalações de laminação a quente, e assim o processo de chapa fina é empregado principalmente para omissão e simplificação.

Diferentemente de um processo de fundição contínuo comum, quando um processo de fundição contínuo de chapa fina é realizado, uma chapa fina pode ser fundida em uma
20 taxa rápida e também a solidificação do aço derretido em uma fase líquido para uma chapa fina é completamente realizada em um molde e um cadinho, e assim grãos cristalinos finos podem ser obtidos em comparação com a chapa típica.

REVELAÇÃO

PROBLEMA TÉCNICO

25 Consequentemente, um objetivo da presente invenção é o de prover um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, na qual o equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido é medido e assim um índice de rachadura de superfície é calculado para aperfeiçoar a qualidade de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina, e um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina
30 utilizando o mesmo.

Outro objetivo da presente invenção é o de prover um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, no qual um índice de rachadura de superfície é calculado a partir do equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido e uma espessura de bobina para aperfeiçoar a qualidade de superfície da bobina laminada a
35 quente de chapa fina, e um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo.

Um objetivo adicional da presente invenção é o de prover um método de prever a

qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, no qual um índice de rachadura de superfície é calculado a partir do equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido e uma espessura de bobina e a espessura da bobina a ser produzida é determinada com base no índice de rachadura de superfície calculado para aperfeiçoar a qualidade de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina, e um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo.

SOLUÇÃO TÉCNICA

Para realizar os objetivos acima, a presente invenção provê um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido em uma equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de um defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina mediante uso do índice de rachadura de superfície.

Além disso, a presente invenção provê um método de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido, substituir o equivalente de Cu calculado do aço derretido e uma espessura de bobina a ser produzida em uma equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correção A, aplicar o valor de correção A em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de um defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina mediante uso do índice de rachadura de superfície.

O equivalente de Cu (eq. de Cu) pode ser calculado por uma equação: $[\% \text{ em peso de Cu}] + 5[\% \text{ em peso de Sn}] + 8[\% \text{ em peso de Sb}] - [\% \text{ em peso de Ni}]$ [em que % em peso é uma quantidade de cada um dos elementos].

Além disso, a quantidade de cada um de Cu, Sn, Sb e Ni para calcular o equivalente de Cu pode ser medida mediante amostragem do aço derretido imediatamente antes da fundição contínua após término do refino.

Além disso, a presente invenção provê um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido em uma equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ para calcular um índice de rachadura de superfície, fundir continuamente o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície calculado de 1 ou menos em uma chapa fina, e então laminar a quente a chapa fina em uma bobina laminada a quente.

Além disso, a presente invenção provê um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de

Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido e uma espessura de bobina a ser produzida em uma equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correção A, aplicar o valor de correção A em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e fundir continuamente o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície calculada de 1 ou menos em uma chapa fina, e então laminar a quente a chapa fina em uma bobina laminada a quente de chapa fina.

Além disso, a presente invenção provê um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu do aço derretido e uma espessura de bobina a ser produzida em uma equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correção A, aplicar o valor de correção A em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de um defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina com base no índice de rachadura de superfície, tornar a determinar a espessura de bobina a ser produzida de modo que a geração do defeito de superfície é suprimida, e então realizar a laminação.

Além disso, a presente invenção provê um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina, o método compreendendo calcular um equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido, calcular os dados para prever a geração de um defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina com base em um índice de rachadura de superfície deduzido mediante correlação entre o equivalente de Cu calculado (Eq. de Cu) do aço derretido e uma espessura de bobina, e determinar a espessura de bobina a ser produzida de modo que a geração do defeito de superfície seja suprimida com base nos dados previstos.

Como tal, o índice de rachadura de superfície pode ser calculado mediante substituição do equivalente de Cu do aço derretido e a espessura de bobina em uma equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correlação A, e então aplicar o valor de correção A em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$.

O equivalente de Cu (eq. de Cu) pode ser calculado mediante uso de uma equação: $[\% \text{ em peso de Cu}] + 5[\% \text{ em peso de Sn}] + 8[\% \text{ em peso de Sb}] - [\% \text{ em peso de Ni}]$ [em que % em peso é uma quantidade de cada um dos elementos].

Além disso, a quantidade de cada um de Cu, Sn, Sb e Ni para calcular o equivalente de Cu pode ser medida mediante amostragem do aço derretido imediatamente antes da fundição após o término do refino.

EFEITOS VANTAJOSOS

De acordo com a presente invenção, o equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido é calculado e desse modo um índice de rachadura de superfície pode ser calculado,

desse modo prevendo o nível de qualidade de uma bobina laminada a quente produzida a partir de uma chapa fina. Assim, é possível prover a chapa fina adaptada para o padrão de qualidade exigido por um consumidor, e aumentar efetivamente a confiabilidade do produto e a satisfação do consumidor.

5 Também de acordo com a presente invenção, o índice de rachadura de superfície pode ser calculado utilizando-se o equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido e a espessura de uma bobina a ser produzida, desse modo prevendo o nível de qualidade de uma bobina laminada a quente produzida a partir de uma chapa fina. Por fim, é possível prover a chapa fina adaptada para o padrão de qualidade exigido por um consumidor, e efetivamente
10 aumentar a confiabilidade do produto e a satisfação do consumidor.

Também de acordo com a presente invenção, o nível de qualidade de uma bobina laminada a quente a ser produzida pode ser previsto dependendo do equivalente de Cu (eq. de Cu) de aço derretido e uma espessura de bobina. Assim, quando a chapa fina é laminada a quente em bobina laminada a quente, a espessura da bobina a ser produzida pode ser
15 determinada de forma variável dependendo do equivalente de Cu calculado no processo de aço derretido, desse modo obtendo a bobina laminada a quente adaptada para o padrão de qualidade exigido por um consumidor.

Nesse caso, se o equivalente de Cu do aço derretido for baixo, a espessura de bobina pode ser determinada para ser grossa na faixa que satisfaz o índice de rachadura de
20 superfície. Como comparação, se o equivalente de Cu do aço derretido for elevado, a espessura de bobina é determinada como sendo fina, aumentando desse modo um rendimento real. Portanto, a confiabilidade do produto e a satisfação de um consumidor podem ser aumentadas e, adicionalmente o rendimento real do produto pode ser aperfeiçoado.

DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

25 A Figura 1 é uma fotografia mostrando o defeito de rachadura de superfície gerado em uma bobina laminada a quente;

A Figura 2 é um gráfico mostrando a correlação entre o índice de rachadura de superfície e a quantidade de Cu;

30 A Figura 3 é um gráfico mostrando a correlação entre o índice de rachadura de superfície e o equivalente de Cu;

A Figura 4 é um gráfico mostrando a correlação entre o índice de rachadura de superfície e o equivalente de Cu e a espessura de bobina;

A Figura 5 é um gráfico mostrando a correlação entre o equivalente de Cu e a espessura de bobina, deduzida pela equação de índice de rachadura de superfície; e

35 A Figura 6 é um fluxograma mostrando o processo de prever a qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina e o processo de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina utilizando o mesmo, de acordo com uma modalidade da pre-

sente invenção.

MODO PARA A INVENÇÃO

Em seguida, será feita uma descrição detalhada da presente invenção com referência aos desenhos anexos.

5 (Primeira Modalidade)

De acordo com a presente invenção, um método de prever a qualidade de serviço de uma bobina laminada a quente de chapa fina inclui calcular o equivalente de Cu (Eq. de Cu) de aço derretido, aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido em uma equação: $120x(\text{equivalente de Cu})^2 - 6x(\text{equivalente de Cu})$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina por intermédio do índice de rachadura de superfície.

Também de acordo com a presente invenção, um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina inclui fundir continuamente o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos calculado pelo método acima de prever a qualidade de superfície da bobina laminada a quente, em uma chapa fina, e laminar a quente a chapa fina, desse modo produzindo a bobina laminada a quente.

A bobina laminada a quente de chapa fina produzida tem quase nenhum defeito de rachadura de superfície.

Em um processo de forno de arco elétrico para produzir aço derretido utilizando principalmente sucatas, elementos ordinários tais como Cu, Ni, Sn, As, Cr, Mo, Pb, etc., os quais não são removidos em um processo de fabricação de aço típico permanecem no aço. Elementos ordinários são um termo geral para microelementos que afetam negativamente a qualidade dos produtos de ferro-aço, e são difíceis de remover no processo de fabricação de aço.

Quando uma chapa fina é produzida a partir do aço derretido contendo uma grande quantidade de Cu, Sn, etc. entre tais elementos ordinários, conforme mostrado na Figura 1, os defeitos de rachadura de superfície na forma de brotos de bambu podem ocorrer na bobina laminada a quente feita a partir da chapa fina.

Quando há defeitos de superfície ou defeitos internos na bobina laminada a quente feita a partir da chapa fina, é muito difícil remover e reparar tais defeitos em processos subsequentes. Assim, a bobina laminada a quente de chapa fina tendo tais defeitos não pode ser vendida como um produto normal, e ocorrem perdas monetárias.

Portanto, o equivalente de Cu é aplicado para prever os defeitos de rachadura de superfície.

Especificamente, o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido é calculado, e o equivalente de Cu calculado do aço derretido é aplicado na equação: $120x(\text{equivalente de Cu})^2 - 6x(\text{equivalente de Cu})$. Quando o valor calculado é 1 ou menos, a chapa fina produzida

utilizando fundição contínua é usada para produzir um produto de qualidade perfeita. Por outro lado, quando o valor calculado varia a partir de mais do que 1 até 2, a chapa fina produzida utilizando fundição contínua é aplicada para produzir a bobina laminada a quente de produto de qualidade comum.

5 Embora a proporção de composição da sucata possa ser controlada, os elementos ordinários contidos na sucata são de difícil remoção durante o processo de fabricação de aço. Assim, o equivalente de Cu do aço derretido é calculado e o índice de rachadura de superfície é calculado a partir do equivalente de Cu, e a chapa fina pode ser usada para produzir a bobina laminada a quente quer seja do produto de qualidade perfeita ou do pro-
10 duto de qualidade comum.

O índice de rachadura de superfície pode representar quantitativamente a taxa de geração das rachaduras de superfície que são defeitos típicos de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina.

O índice de rachadura de superfície variando de 1 a 2 é considerado como permis-
15 sível para a bobina laminada a quente do produto de qualidade comum. Na bobina laminada a quente de produto de qualidade perfeita, o índice de rachadura de superfície deve ser de 1 ou menos.

O produto de qualidade perfeita é utilizado para representar uma bobina laminada a quente, cujo padrão de defeito de superfície deve ser rigidamente controlado, no qual a taxa
20 de geração de rachadura de superfície é de 10% ou menos por área de folha.

O padrão de índice de rachadura de superfície é mostrado na Tabela 1 abaixo.

TABELA 1

Índice de Rachadura de Superfície	Taxa de Geração de Rachadura de Superfície
1 ou menos	10% ou menos por área de folha
a partir de mais do que 1 até 2	30% ou menos por área de folha
a partir de mais do que 2 até 3	40% ou menos por área de folha
a partir de mais do que 3 até 4	50% ou menos por área de folha
mais do que 5	70% ou menos por área de folha

Como é evidente a partir da Tabela 1, quando o índice de rachadura de superfície é calculado para ser um ou menos, a bobina laminada a quente resultante pode ter uma taxa
25 de geração de rachadura de superfície de 10% ou menos por área de folha. Se o índice de rachadura de superfície varia de 1 a 2, a bobina laminada a quente pode ter uma taxa de geração de rachadura de superfície de 30% ou menos por área de folha.

O índice de rachadura de superfície é calculado a partir do equivalente de Cu do aço derretido.

30 O índice de rachadura de superfície é mais correlacionado com o equivalente de Cu

do que com a quantidade de Cu.

Conforme mostrado nas Figuras 2 e 3, o coeficiente de correlação entre o índice de rachadura de superfície e a quantidade de Cu é de 41% ($R^2 = 0,1712$), ao passo que o coeficiente de correlação entre o índice de rachadura de superfície e o equivalente de Cu é de 63% ($R^2 = 0,3973$). Isso significa que a rachadura de superfície (defeito de superfície) da bobina laminada a quente de chapa fina pode ser prevista mediante cálculo do equivalente de Cu do aço derretido.

Portanto, o índice de rachadura de superfície para indicar a taxa de geração de rachadura de superfície é calculado antes de a chapa fina ser produzida em uma bobina laminada a quente.

O índice de rachadura de superfície é determinado mediante cálculo do equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido e aplicando-se o equivalente de Cu calculado do aço derretido na equação: $120x(\text{equivalente de Cu})^2 - 6x(\text{equivalente de Cu})$.

Para satisfazer o índice de rachadura de superfície: $120x(\text{equivalente de Cu})^2 - 6x(\text{equivalente de Cu}) \leq 2$, o equivalente de Cu do aço derretido é de 0,156 ou menos, e o equivalente de Cu é de 0,119 ou menos para satisfazer $120x(\text{equivalente de Cu})^2 - 6x(\text{equivalente de Cu}) \leq 1$ para uso no produto de qualidade perfeita.

O equivalente de Cu é calculado pela equação: [% em peso de Cu]+5[% em peso de Sn]+8[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni]. Como tal, % em peso significa quantidade de cada um de Cu, Sn, Sb, e Ni.

Especificamente, o equivalente de Cu é determinado mediante medição das quantidades de Cu, Sn, Sb, e Ni de aço derretido e então substituindo-se a quantidade de cada elemento na equação: [% em peso de Cu]+8[% em peso de Sn]+5[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni].

O equivalente de Cu (Eq. de Cu) é obtido mediante conversão dos efeitos de Cu, Sn, Sb, e Ni entre elementos ordinários relativos ao Cu.

Cu, Sn, Sb, e Ni os quais são elementos ordinários contidos na sucata estão presentes como elementos de sólido-solução de substituição no aço, e esses exibem efeitos de reforço de sólido-solução, mas geram o defeito de superfície da chapa fina.

Entre os elementos ordinários, Cu é concentrado na interface de crostas de Fe quando a chapa fina é reaquecida ou laminada a quente, causando indesejavelmente os defeitos de superfície.

No caso onde Sn é usado isoladamente no aço sem Cu, ele não é concentrado na interface das crostas de Fe, porém é difundido no Fe de base, e assim não causa defeito de superfície. Contudo, no caso onde Sn é usado em conjunto com Cu, ele é concentrado na interface das crostas de Fe, causando indesejavelmente os defeitos de superfície.

Sb tem uma elevada tendência de gerar os defeitos de superfície da chapa fina.

Quando Ni é adicionado em uma quantidade igual àquela de Cu, a solubilidade de sólidos de Cu em austenita é aumentada, reduzindo assim a geração de defeitos de superfície.

Considerando-se a correlação de Cu, Sn, Sb e Ni, o equivalente de Cu é mostrado.

- 5 As quantidades de Cu, Sn, Sb e Ni para calcular o equivalente de Cu são medidas mediante amostragem do aço derretido imediatamente antes da fundição contínua após término do refino. Para referência, amostragem do aço derretido significa que uma porção do aço derretido é tirada como uma amostra. O aço derretido é amostrado imediatamente antes da fundição contínua após o término do refino, e as quantidades de elementos de Cu, 10 Sn, Sb e Ni (elementos ordinários) em adição aos elementos principais para o aço derretido são medidas.

A Tabela 2 abaixo mostra a correlação entre o índice de rachadura de superfície calculado a partir do equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido e o defeito de rachadura de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina.

- 15 Método de Teste: o aço derretido foi amostrado imediatamente antes da fundição contínua após o término do refino, as quantidades de Cu, Sn, Sb e Ni do aço derretido foram medidas, e as quantidades dos elementos respectivos foram substituídas na equação: [% em peso de Cu]+8[% em peso de Sn]+5[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni] para calcular o equivalente de Cu.

- 20 O equivalente de Cu calculado foi aplicado na equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ para calcular o índice de rachadura de superfície.

- Desse modo, sempre que a fundição contínua foi realizada, o aço derretido imediatamente antes da fundição contínua foi amostrado, o índice de rachadura de superfície foi calculado, e o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície de cada um de 0,5, 1, 25 2 e 3 foi continuamente fundido em uma chapa fina a qual foi então laminada a quente em uma bobina laminada a quente.

Então, o defeito de rachadura de superfície da superfície da bobina laminada a quente de chapa fina foi medido.

TABELA 2

	Equivalente de Cu (% em peso) em aço derretido	Índice de ra- chadura de superfície	Geração de Defeito de Ra- chadura de Superfície	Nota
1	0,094	0.5	Não	Aço Inventivo
2	0,119	1	Sim (5% por área de folha)	Aço Inventivo
3	0,156	2	Sim (28% por área de folha)	Aço Inventivo
4	0,185	3	Sim (40% por área de folha)	Aço Comparativo

[Índice de Rachadura de Superfície: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$],

equivalente de Cu: [% em peso de Cu] + 5[% em peso de Sn] + 8[% em peso de Sb] - [% em peso de Ni]]

5 Conforme é evidente a partir da Tabela 2, quando o índice de rachadura de superfície obtido mediante aplicação do equivalente de Cu do aço derretido na equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ foi de 1 ou menos, o defeito de rachadura de superfície nunca foi gerado na bobina laminada a quente de chapa fina, ou mesmo quando os defeitos de rachadura de superfície foram gerados, a sua taxa de geração foi insignifi-

10 cante (Aços Inventivos 1, 2).

Nos resultados do cálculo do equivalente de Cu do aço derretido, quando o índice de rachadura de superfície baseado em $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ estava na faixa de a partir de mais do que 1 a 2, os defeitos de rachadura de superfície foram gerados na bobina laminada a quente de chapa fina, porém a sua taxa de geração es-

15 tava no nível permissível (Aço Inventivo 3).

Contudo, nos resultados do cálculo do equivalente de Cu do aço derretido, quando o índice de rachadura de superfície baseado em $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ era mais do que 2, os defeitos de rachadura de superfície graves foram gerados na bobina laminada a quente de chapa fina (Aço Comparativo 4).

20 Conforme mencionado acima, quando o equivalente de Cu é calculado mediante amostragem do aço derretido imediatamente antes da fundição contínua após o término do refino e o índice de rachadura de superfície é calculado a partir do equivalente de Cu, a geração dos defeitos de rachadura de superfície da bobina laminada a quente produzida a partir da chapa fina feita do aço derretido pode ser prevista. Assim, é possível prover a chapa

25 fina para o padrão de qualidade demandado por um consumidor.

Por exemplo, o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido é calculado, e o equivalente de Cu calculado do aço derretido é aplicado na equação: $120 \times (\text{equivalente de Cu})^2 - 6 \times (\text{equivalente de Cu})$ para determinar o índice de rachadura de superfície, após o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos ser fundido continuamente na chapa fina que é então laminada a quente em bobina laminada a quente. Assim, o defeito de rachadura de superfície pode ser minimizado, e assim a qualidade da superfície da bobina laminada a quente de chapa fina pode ser aperfeiçoada.

30

(Segunda Modalidade)

De acordo com outra modalidade da presente invenção, um método de prever a

35 qualidade de superfície de uma bobina laminada a quente de chapa fina inclui calcular o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido, substituir o equivalente de Cu calculado do aço derretido e uma espessura de bobina ser produzida em uma equação: (equivalente de

$Cu \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correção A, aplicar o valor de correção A em uma equação $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície, e prever a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina por intermédio do índice de rachadura de superfície.

5 Também um método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina de acordo com outra modalidade da presente invenção inclui fundir continuamente o aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos calculado utilizando-se o método acima de prever a qualidade de superfície da bobina laminada a quente em uma chapa fina, e então laminar a quente a chapa fina em uma bobina laminada a quente.

10 A segunda modalidade da presente invenção considera ainda a espessura de bobina da bobina laminada a quente a ser produzida, que é diferente da primeira modalidade.

O índice de rachadura de superfície é mais correlacionado com o equivalente de Cu do que com a quantidade de Cu, e é também correlacionado com a espessura de bobina da bobina laminada a quente a ser produzida. Especificamente, em um processo de chapa fina para produzir a bobina laminada a quente utilizando aço derretido em um forno de arco elétrico, a rachadura de superfície é altamente correlacionada com o equivalente de Cu e a espessura de bobina da bobina laminada a quente.

15 Isso porque a taxa de geração de rachadura de superfície é aumentada quando a espessura da bobina laminada a quente a ser produzida é grossa mesmo se o equivalente a Cu for baixo.

Conforme mostrado nas Figuras 2 a 4, o coeficiente de correlação entre o índice de rachadura de superfície e a quantidade de Cu é de 41% ($R^2=0,1712$), e o coeficiente de correlação entre o índice de rachadura de superfície e o equivalente de Cu é de 63% ($R^2=0,3973$). Enquanto que o coeficiente de correlação entre o índice de rachadura de superfície e o equivalente de Cu e a espessura de bobina é de 85% ($R^2=0,7182$) que excede 80%.

No processo de chapa fina para produzir uma bobina laminada a quente utilizando aço derretido em um forno de arco elétrico, a rachadura de superfície tem elevada correlação com dois fatores incluindo o equivalente de Cu e a espessura de bobina. Desse modo, a taxa de geração da rachadura de superfície (defeito de superfície) da bobina laminada a quente de chapa fina é prevista.

Especificamente, o índice de rachadura de superfície é calculado a partir da equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$. A é o valor de correção obtido quando a espessura de bobina e o equivalente de Cu são aplicados a uma equação (equivalente de $Cu \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina}(T))$.

A equação de índice de rachadura de superfície: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ em que $A = (\text{equivalente de } Cu \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ é deduzida do gráfico de correlação

da Figura 4.

Nos resultados de uma pluralidade de testes, a taxa de geração de rachadura de superfície aumentou à medida que aumentou o equivalente de Cu, e também a taxa de geração de rachadura de superfície aumentou à medida que aumentou a espessura da bobina laminada a quente a ser produzida sob condições do mesmo equivalente de Cu.

Particularmente, o valor obtido pela adição de 100 vezes o valor do equivalente de Cu e 1,5 vezes o valor da espessura de bobina tinha elevada correlação com o índice de rachadura de superfície, o qual foi representado graficamente, pelo que a equação de índice de rachadura de superfície: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ em que $A = (\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina}(T))$ foi deduzida.

O equivalente de Cu é calculado pela equação: $k_1[\% \text{ em peso de Cu}] + k_2[\% \text{ em peso de Sn}] + k_3[\% \text{ em peso de Sb}] + k_4[\% \text{ em peso de Ni}]$. Os coeficientes são $k_1 = 1$, $k_2 = 5$, $k_3 = 8$, $k_4 = -1$. Na equação de equivalente de Cu, o elemento que afeta intensamente o defeito de rachadura de superfície é o Cu, e os outros coeficientes exceto para Cu têm faixas permissíveis predeterminadas.

Especificamente, k_2 de 3 ~ 8, k_3 de 5 ~ 10, k_4 de -0,7 ~ 1,5 são possíveis. Nesse caso, contudo, o gráfico da Figura 4 é movido em paralelo para a esquerda no sentido para cima ou direita no sentido para baixo, e o índice de rachadura de superfície e o coeficiente de correlação são assim ligeiramente diminuídos.

Portanto, é mais preferível que o equivalente de Cu seja calculado pela equação: $[\% \text{ em peso de Cu}] + 5[\% \text{ em peso de Sn}] + 8[\% \text{ em peso de Sb}] - [\% \text{ em peso de Ni}]$.

O método de calcular o equivalente de Cu e o padrão do índice de rachadura de superfície são idênticos conforme descrito na primeira modalidade, e uma sua descrição é omitida.

Quando o índice de rachadura de superfície varia de 1 a 2, ele é permissível em uma bobina laminada a quente de produto de qualidade comum, e no caso de uma bobina laminada a quente de produto de qualidade perfeita, o índice de rachadura de superfície é 1 ou menos, o que é idêntico ao da primeira modalidade.

O processo de prever a qualidade de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina é descrito abaixo.

O equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido imediatamente antes da fundição contínua após conclusão do refino é calculado, e o equivalente de Cu calculado do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida são aplicados na equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar o valor de correlação A no qual a espessura de bobina a ser produzida é aplicada junto com o equivalente de Cu. O valor de correção A é aplicado na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular o índice de rachadura de superfície.

Se o índice de rachadura de superfície calculado é 1 ou menos, a chapa fina produzida utilizando fundição contínua pode ser aplicada a um produto de qualidade perfeita. Se o índice de rachadura de superfície calculado varia de 1 a 2, uma chapa fina produzida utilizando fundição contínua pode ser empregada na produção de uma bobina laminada a quente de produto de qualidade comum.

O A que satisfaz o índice de rachadura de superfície: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A \leq 2$ é 25 ou menos, e o A que satisfaz $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A \leq 1$ para o produto de qualidade perfeita é de 20 ou menos.

O aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície calculado de 1 ou menos é continuamente fundido na chapa fina, a qual é então laminada a quente em uma bobina laminada a quente. Desse modo, a bobina laminada a quente assim obtida pode ter quase nenhum defeito de rachadura de superfície.

Resumidamente, a taxa de geração de rachadura de superfície pode ser prevista pelo índice de rachadura de superfície calculado antes da produção da bobina laminada a quente a partir da chapa fina, desse modo possibilitando a produção de uma bobina laminada a quente de chapa fina adaptada para o padrão de qualidade demandado por um consumidor.

A Tabela 3 abaixo mostra a correlação entre o índice de rachadura de superfície calculado a partir do equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida e os defeitos de rachadura de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina produzida.

Método de Teste: o aço derretido é amostrado imediatamente antes da fundição contínua após término do refino, as quantidades de Cu, Sn, Sb e Ni que são os elementos ordinários no aço derretido são medidas, e as quantidades são substituídas na equação: [% em peso de Cu]+5[% em peso de Sn]+8[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni] para calcular o equivalente de Cu (Eq. de Cu).

O equivalente de Cu calculado e a espessura de bobina demandada por um consumidor são substituídos na equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$, e assim o valor de correção A é determinado.

O valor de correção determinado A é substituído na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular o índice de rachadura de superfície.

Subsequentemente, o aço derretido é continuamente fundido na chapa fina que é então laminada a quente em bobina laminada a quente. Como tal, no caso onde a chapa fina produzida mediante fundição contínua do aço derretido tem o índice de rachadura de superfície de cada um de 0,5; 1; 2 e 3 calculado utilizando o processo acima foi fabricada em uma bobina laminada a quente, a taxa de geração de rachadura de superfície da bobina laminada a quente efetiva foi medida.

TABELA 3

	Eq. de Cu (%) em peso) em Aço Derretido	Espessura de Bobina (mm)	A (Valor de Correção: espessura de bobina é aplicada a eq. de Cu)	Índice de Rachadura de Superfície	Geração de rachadura de superfície de bobina laminada a quente	Nota
1	0,094	5	17	0.5	Não	Aço Inventivo (aplicado ao material perfeito de superfície)
2	0,119	5	20	1	Sim (5% por área de folha)	Aço Inventivo (aplicado ao material perfeito de superfície)
3	0,175	5	25	2	Sim (25% por área de folha)	Aço Inventivo (aplicado ao material comum)
4	0,205	5	28	3	Sim (37% por área de folha)	Aço Comparativo (po-bre)
5	0,02	10	17	0.5	Não	Aço Inventivo (aplicado ao material perfeito de superfície)
6	0,05	10	20	1	Sim (4,5% por área de folha)	Aço Inventivo (aplicado ao material perfeito de superfície)
7	0,1	10	25	2	Sim (26% por área de folha)	Aço Inventivo (aplicado ao material comum)
8	0,129	10	28	3	Sim (36% por área de folha)	Aço Comparativo (po-bre)
9	0,02	20	32	4	Sim (48% por área de folha)	Aço Comparativo (po-bre)

5 Como é evidente a partir da Tabela 2, o equivalente de Cu do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida são substituídos na equação: (equivalente de $Cu \times 100$) + (1,5 x espessura de bobina) para determinar o valor de correção A, o qual é então aplicado na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para determinar o índice de rachadura de superfície. Como tal, quando o índice de rachadura de superfície era de 1 ou menos, o defeito de rachadura de superfície nunca foi gerado na bobina laminada a quente de chapa fina, ou mesmo quando os defeitos de rachadura de superfície foram gerados, a sua taxa de gera-

ção foi insignificante (Aços Inventivos 1, 2, 5, 6).

Além disso, quando o índice de rachadura de superfície estava na faixa a partir de mais do que 1 a 2, os defeitos de rachadura de superfície foram gerados na bobina laminada a quente de chapa fina, mas a sua taxa de geração foi tipicamente permissível (Aços Inventivos 3, 7).

Contudo, o índice de rachadura de superfície excedendo 2 resultou na geração de graves defeitos de rachadura de superfície na bobina laminada a quente de chapa fina (Aços Comparativos 4, 8).

Adicionalmente, sob condições do mesmo equivalente de Cu do aço derretido, quando a espessura de bobina era fina, o defeito de rachadura de superfície não ocorreu, enquanto que quando a espessura de bobina era grossa os defeitos de rachadura de superfície foram gerados (Aço Inventivo 5, Aço Comparativo 9). Para referência, a espessura de chapa resultante da fundição contínua da chapa fina é de 40 ~ 100 mm, e a espessura da bobina laminada quente é de 4 ~ 20 mm.

Conforme mencionado acima, o aço derretido é amostrado imediatamente antes da fundição contínua após término do refino, o equivalente de Cu é calculado, e o equivalente de Cu do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida são aplicados para calcular o índice de rachadura de superfície, e o defeito de rachadura de superfície gerado a partir da produção da bobina laminada a quente a partir da chapa fina feita de aço derretido pode ser previsto. Portanto, é possível prover a chapa fina adaptada para o padrão de qualidade demandado por um consumidor.

Por exemplo, o equivalente de Cu do aço derretido é calculado, e o equivalente de Cu calculado do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida, são aplicados na equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar o valor de correção A. Esse valor de correção A é aplicado na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular o índice de rachadura de superfície. O aço derretido tendo o índice de rachadura de superfície calculado de 1 ou menos é continuamente fundido na chapa fina que é então laminada a quente em uma bobina laminada a quente. Desse modo, o defeito de rachadura de superfície pode ser minimizado e a qualidade de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina pode ser aperfeiçoada.

(Terceira Modalidade)

De acordo com uma modalidade adicional da presente invenção, um método de produzir uma bobina laminada a quente de chapa fina inclui prever a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina com base em um índice de rachadura de superfície deduzido pela correlação entre o equivalente de Cu (Eq. de Cu) de aço derretido e uma espessura de bobina, e determinar a espessura de bobina a ser produzida.

A terceira modalidade da presente invenção é um método de minimizar o defeito de

rachadura de superfície que é o defeito de superfície típico da bobina laminada a quente produzido a partir da chapa fina. De acordo com a terceira modalidade, a espessura de bobina a ser produzida é variavelmente determinada dependendo do equivalente de Cu calculado no processo de aço derretido quando produzindo a bobina laminada a quente a partir da chapa fina, que é diferente da segunda modalidade.

Especificamente, o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido é calculado, e o equivalente de Cu calculado do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida são aplicadas na equação: $(\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ para determinar um valor de correção A, após o que o valor de correção A é aplicado na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular o índice de rachadura de superfície, e a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina é prevista pelo índice de rachadura de superfície. Com base nos resultados previstos, a espessura de bobina a ser produzida é determinada na faixa que impede a geração dos defeitos de superfície.

Conforme mostrado na Figura 5, quando a espessura de bobina é grossa apesar do equivalente de Cu baixo, a taxa de geração de rachadura de superfície é alta.

Por exemplo, sob condições do equivalente de Cu sendo 0,1, o processo de laminação na espessura de bobina de 7 resulta em que o índice de rachadura de superfície é previsto como sendo 1, enquanto que o processo de laminação da espessura de laminação de 10 resulta em que o índice de rachadura de superfície é previsto como sendo 2.

Assim, o equivalente de Cu do aço derretido é calculado, e o índice de rachadura de superfície é previsto a partir do equivalente de Cu calculado do aço derretido, e a espessura de bobina adaptada para o padrão de qualidade demandado por um consumidor é determinada.

Tipicamente, na fundição contínua, o número de eventos de despejamento de aço derretido dentro de uma calha geralmente é estabelecido em 6 ou 9 embora isso dependa do tipo de aço. Isso significa que o equivalente do Cu do aço derretido pode variar sempre que for realizada fundição contínua.

A partir da laminação da chapa fundida continuamente, a espessura final da bobina tem o limite superior e o limite inferior dependendo do tipo de aço. Assim, o equivalente de Cu do aço derretido é calculado imediatamente antes da fundição contínua após o término do refino, e a espessura de bobina é determinada de modo que o índice de rachadura de superfície de qualidade demandada é obtido a partir do equivalente de Cu calculado do aço derretido, e então o processo de laminação é realizado.

O método de calcular o equivalente de Cu e o padrão do índice de rachadura de superfície são idênticos como na segunda modalidade, e uma sua descrição é omitida.

O método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina é descrito abaixo.

Por exemplo, o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido é calculado imedia-

tamente antes da fundição contínua após o término do refino, e o equivalente de Cu calculado de aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida são substituídos na equação: (equivalente de Cu x 100)+(1,5 x espessura de bobina) para determinar o valor de correção A. O valor de correção A é aplicado na equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular o índice de rachadura de superfície.

A geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina é prevista pelo índice de rachadura de superfície. A espessura de bobina é determinada com base nos resultados previstos.

Como tal, a espessura de bobina pode ser determinada para ser um valor na faixa na qual o índice de rachadura de superfície calculado satisfaz o índice de rachadura de superfície de qualidade demandada.

Além disso, por exemplo, se houver a solicitação de um consumidor, a quantidade de produção e a largura da bobina laminada a quente a ser produzida são determinadas.

A correlação entre o equivalente de Cu e a espessura de bobina com base na equação de índice de rachadura de superfície: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ em que $A = (\text{equivalente de Cu} \times 100) + (1,5 \times \text{espessura de bobina})$ é deduzido, e os dados para prever a geração de defeito de superfície de uma bobina laminada a quente são obtidos.

Subsequentemente, o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido é calculado imediatamente antes da fundição contínua após término do refino. Com base no equivalente de Cu calculado do aço derretido e os dados previstos, a espessura de bobina a ser produzida é determinada. Como tal, a espessura de bobina é determinada de modo a se obter o índice de rachadura de superfície que satisfaça o padrão de qualidade demandado por um consumidor.

Por exemplo, conforme mostrado na Figura 5, quando o equivalente de Cu calculado do aço derretido é de 0,1, a espessura de bobina é determinada como sendo 7 ou menos para se obter o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos, e a laminação é então realizada. Além disso, quando o equivalente de Cu calculado do aço derretido é de 0,07, a espessura de bobina é determinada para ser de 9 ou menos para se obter o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos, e a laminação é então conduzida.

Quando o equivalente de Cu calculado do aço derretido é 0,1, a espessura de bobina é determinada para ser 10 ou menos para se obter o índice de rachadura de superfície de 2 ou menos, e então o processo de laminação é realizado.

No caso onde o equivalente de Cu do aço derretido calculado na faixa que satisfaz o padrão de qualidade demandado por um consumidor é baixo, a espessura de bobina pode ser determinada para ser grossa. Ao contrário, se o equivalente de Cu for comparativamente alto, a espessura de bobina pode ser determinada para ser fina, e então o processo de laminação pode ser realizado.

Resumidamente, a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina é prevista mediante uso do equivalente de Cu para o índice de rachadura de superfície, e a espessura de bobina pode ser então determinada.

Conforme mostrado na Figura 6, o método de produzir a bobina laminada a quente de chapa fina para reduzir o defeito de superfície da bobina laminada a quente inclui (1) determinar a produção por intermédio da solicitação de um consumidor, (2) medir as quantidades de Cu, Sn, Sb e Ni do aço derretido a partir da produção para calcular o equivalente de Cu (Eq. de Cu), (3) aplicar o equivalente de Cu calculado do aço derretido a um índice de rachadura de superfície deduzido pela correlação entre o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido e a espessura de bobina, desse modo determinando a espessura de bobina a ser produzida de modo que a geração de defeito de superfície é suprimida, e (4) fundir continuamente o aço derretido em uma chapa fina que é então laminada a quente para ter a espessura de bobina determinada na etapa (3) para a bobina laminada a quente.

Conforme mencionado acima, o equivalente de Cu do aço derretido é calculado, e a espessura de bobina a ser produzida é determinada com base no índice de rachadura de superfície deduzido pela correlação entre o equivalente de Cu (Eq. de Cu) do aço derretido e a espessura de bobina, e então laminação é realizada para fabricação da bobina laminada a quente que satisfaz à qualidade de superfície demandada por um consumidor.

Além disso, mesmo quando a bobina laminada a quente produzida utilizando o método acima não satisfaz um tipo superior a partir da avaliação de sua qualidade, ela pode ser provida a um consumidor mediante mudança de seu tipo a partir de produto de qualidade perfeita para um produto de qualidade comum.

A Tabela 4 abaixo mostra os resultados da laminação da bobina quando a espessura de bobina tiver sido determinado de modo que o índice de rachadura de superfície com base no equivalente de Cu do aço derretido e a espessura de bobina a ser produzida satisfazem o índice de rachadura de superfície para a qualidade demandada.

TABELA 4

Aço	Qualidade demandada (índice de rachadura de superfície)	Calor	Chapa	Cu _{eq}	Comparativo			Inventivo		
					Esp. de Bobina	Índice de Rachadura de Superfície	Avaliação	Esp. de Bobina	Índice de Rachadura de Superfície	Avaliação
A	1 ou menos	1	1	0,08	5	0,2	Passou	7	0,7	Passou
A	1 ou menos	1	2	0,08	5	0,2	Passou	7	0,7	Passou
A	1 ou menos	1	3	0,08	6	0,4	Passou	8	0,9	Passou
A	1 ou menos	1	4	0,08	6	0,4	Passou	8	0,9	Passou

A	1 ou menos	2	1	0,11	7	1,2	Falhou	5	0,7	Passou
A	1 ou menos	2	2	0,11	7	1,2	Falhou	5	0,7	Passou
A	1 ou menos	2	3	0,11	8	1,5	Falhou	6	0,9	Passou
A	1 ou menos	2	4	0,11	8	1,5	Falhou	6	0,9	Passou
B	2 ou menos	3	1	0,09	7	0,8	Passou	10	0,8	Passou
B	2 ou menos	3	2	0,09	8	1,1	Passou	11	1,1	Passou
B	2 ou menos	3	3	0,09	9	1,4	Passou	11	1,4	Passou
B	2 ou menos	3	4	0,09	9	1,4	Passou	11	1,4	Passou
B	2 ou menos	4	1	0,10	10	2,0	Falhou	7	1,0	Passou
B	2 ou menos	4	2	0,10	11	2,4	Falhou	8	1,3	Passou
B	2 ou menos	4	3	0,10	11	2,4	Falhou	9	1,6	Passou
B	2 ou menos	4	4	0,10	11	2,4	Falhou	9	1,6	Passou

[Calor n°: o número de operações de fundição contínuas-contínuas, N° de chapa: chapa produzida mediante fundição contínua]

[Exemplos Comparativos]

O aço derretido é amostrado imediatamente antes da fundição contínua após o término do refino, as quantidades de Cu, Sn, Sb e Ni que são os elementos ordinários no aço derretido são medidas, e essas quantidades são aplicadas em uma equação: [% em peso de Cu]+5[% em peso de Sn]+8[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni] para calcular um equivalente de Cu (Eq. de Cu).

O equivalente de Cu calculado e a espessura de bobina demandada por um consumidor são substituídos em uma equação: (equivalente de Cu x 100)+(1,5 x espessura de bobina) para determinar um valor de correção A no qual a espessura de bobina e o equivalente de Cu são aplicados.

O valor de correção determinado A é substituído em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície. Posteriormente, o aço derretido é continuamente fundido em uma chapa fina a qual é então laminada a quente para bobina laminada a quente.

[Exemplos Inventivos]

O equivalente de Cu e a espessura de bobina demandada por um consumidor são substituídos em uma equação: (equivalente de Cu x 100)+(1,5 x espessura de bobina) para determinar um valor de correção A no qual a espessura de bobina e o equivalente de Cu são aplicados. O valor de correção determinado A é substituído em uma equação: $0,0067 \times A^2 - 0,088 \times A$ para calcular um índice de rachadura de superfície.

Desse modo, a correlação entre o equivalente de Cu e a espessura de bobina para obter o índice de rachadura de superfície é deduzido, e assim os dados para prever a geração de defeito de superfície da bobina laminada a quente de chapa fina são obtidos.

Subsequentemente, o aço derretido é mostrado imediatamente antes da fundição contínua após término do refino, e as quantidades Cu, Sn, Sb e Ni que são os elementos ordinários no aço derretido são medidas, e as quantidades medidas são substituídas em uma equação: [% em peso de Cu]+5[% em peso de Sn]+8[% em peso de Sb]-[% em peso de Ni] para calcular o equivalente de Cu (Eq. de Cu).

Com base nos dados previstos acima, a espessura de bobina é determinada de modo que o equivalente de Cu calculado e a espessura de bobina a ser produzida satisfaçam o índice de rachadura de superfície para a qualidade demandada, e então a laminação é realizada.

Então, em decorrência da sua taxa de geração de rachadura de superfície, é determinado se a qualidade da bobina laminada a quente efetiva satisfaz o padrão demandado.

Conforme mostrado na Tabela 4, nos exemplos comparativos a bobina laminada a quente produzida não satisfaz o índice de rachadura de superfície de 1 ou menos correspondendo à qualidade demandada. Embora o índice de rachadura de superfície possa ser previsto a partir do equivalente de Cu e a espessura de bobina a ser produzida, quando o índice de rachadura de superfície não satisfaz a qualidade demandada, a bobina laminada a quente não deve ser aproveitada e assim ela é ineficiente.

Nos exemplos inventivos, todas as bobinas laminadas a quente tinham um índice de rachadura de superfície de 1 ou menos correspondendo à qualidade demandada. Isso porque a espessura de bobina é determinada na faixa que satisfaz o índice de rachadura de superfície da qualidade demandada.

Quando o equivalente de Cu é baixo, a espessura de bobina pode ser determinada para ser grossa na faixa que satisfaz o padrão de qualidade demandado por um consumidor, e então a laminação é realizada. Como comparação, quando o equivalente de Cu é alto, a espessura de bobina é determinada para ser fina na faixa que satisfaz o padrão de qualidade demandado por um consumidor, e então a laminação é realizada.

Mesmo quando a quantidade de bobina laminada a quente a ser produzida é determinada pela solicitação de um consumidor, a espessura de bobina é determinada de forma variável na faixa que satisfaz o índice de rachadura de superfície, desse modo o rendimento efetivo é aperfeiçoado.

Embora as modalidades preferidas da presente invenção tenham sido reveladas para fins ilustrativos, aqueles versados na técnica considerarão que diversas modificações, adições e substituições são possíveis, sem se afastar do escopo e espírito da invenção conforme revelados nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de fazer uma folha de aço laminada a quente, incluindo um processo de refinar, um processo de fundição contínuo e um processo de laminação a quente que ocorrem sequencialmente, o método **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

5 medir a quantidade (em peso) de cada um de cobre (Cu), estanho (Sn), antimônio (Sb) e níquel (Ni) contidos em pelo menos uma porção de aço derretido após o processo de refinar e antes do processo de fundição contínuo e calcular a porcentagem em peso (% de peso) de cobre (Cu), de estanho (Sn), de antimônio (Sb) e de níquel (Ni) na dita porção de aço derretido;

10 calcular um valor equivalente de cobre (eq. de cobre) pela seguinte equação
eq. de Cu (valor equivalente de cobre) = [% em peso de Cu] +5×[% em peso de Sn]
+8×[% em peso de Sb] +(-1)×[% em peso de Ni],
utilizando a porcentagem em peso que foi medida de cada um de Cu, Sn, Sb e Ni, onde a
% em peso de Cu, % em peso de Sn, % em peso de Sb e % em peso de Ni são quantida-
15 des percentuais em peso de Cu, Sn, Sb e Ni no aço derretido, respectivamente;

 determinar um valor de espessura para a folha de aço laminada a quente a ser produzida;

 calcular a taxa de geração de rachadura de superfície da folha de aço laminada a quente a ser produzida, utilizando o valor equivalente de cobre e o valor de espessura;

20 se a taxa de geração de rachadura de superfície estimada for igual ou menor do que 2, o aço derretido é fundido em uma chapa utilizando o processo de fundição contínuo; e

 a chapa é laminada a quente em uma folha de aço laminada a quente tendo a espessura do valor de espessura utilizando o processo de laminação a quente, quando determinado que a taxa de geração de rachadura de superfície estimada é igual ou menor do
25 que 2;

 em que a taxa de geração de rachadura de superfície estimada, compreende calcular um índice de rachadura de superfície mediante uso das seguintes equações:

 índice de rachadura de superfície = $0,0067 \times \{(\text{eq. de Cu}) \times 100 + 1,5 \times (\text{valor de espessura})\}^2 - 0,088 \times \{(\text{eq. de Cu}) \times 100 + 1,5 \times (\text{valor de espessura})\}$,
30

 em que a taxa de geração de rachadura de superfície é estimada utilizando-se o índice de rachadura de superfície.

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende ainda:

35 determinar um valor de espessura modificado, que é diferente do valor de espessura, quando determinado que a taxa de geração de rachadura de superfície estimada é maior do que 2;

calcular a taxa de geração de rachadura de superfície para o valor de espessura modificado da chapa de aço laminada a quente a ser produzido, utilizando o valor equivalente de cobre e o valor de espessura modificada;

laminar a quente a chapa em uma folha de aço laminada a quente tendo a espessura do valor de espessura modificado utilizando o processo laminar a quente, quando determinado que a taxa de geração de rachadura de superfície estimada para o valor de espessura modificado é igual ou menor do que 2,

em que a taxa de geração de rachadura de superfície é estimada para o valor de espessura modificado, que compreende calcular um índice de rachadura de superfície mediante uso das seguintes equações:

$$\text{índice de rachadura de superfície} = 0,0067 \times \{(\text{eq. de Cu}) \times 100 + 1,5 \times (\text{valor de espessura modificado})\}^2 - 0,088 \times \{(\text{eq. de Cu}) \times 100 + 1,5 \times (\text{valor de espessura modificado})\}.$$

3. Método de fazer uma chapa de aço laminada a quente, incluindo um processo de refinar, um processo de fundição contínuo e um processo de laminação a quente que ocorrem sequencialmente, o método **CARACTERIZADO** pelo fato de que compreende:

medir a quantidade de cada um de cobre (Cu), estanho (Sn), antimônio (Sb) e níquel (Ni) contidos em pelo menos uma porção de aço derretido após o processo de refinar e antes do processo de fundição contínuo e calcular a porcentagem em peso (% de peso) de cobre (Cu), de estanho (Sn), de antimônio (Sb) e de níquel (Ni) na dita porção de aço derretido;

calcular um valor equivalente de cobre (eq. de cobre) pela seguinte equação

$$\text{eq. de Cu (valor equivalente de cobre)} = [\% \text{ em peso de Cu}] + 5 \times [\% \text{ em peso de Sn}] + 8 \times [\% \text{ em peso de Sb}] + (-1) \times [\% \text{ em peso de Ni}],$$

utilizando a porcentagem em peso medida de cada um de Cu, Sn, Sb e Ni, onde a % em peso de Cu, % em peso de Sn, % em peso de Sb e % em peso de Ni são quantidades percentuais em peso de Cu, Sn, Sb e Ni no aço derretido, respectivamente;

calcular a taxa de geração de rachadura de superfície da chapa de aço laminada a quente a ser produzido, utilizando o valor equivalente de cobre;

se a taxa de geração de rachadura de superfície estimada é igual ou menor do que 2, o aço derretido é fundido em uma chapa utilizando o processo de fundição contínuo; e

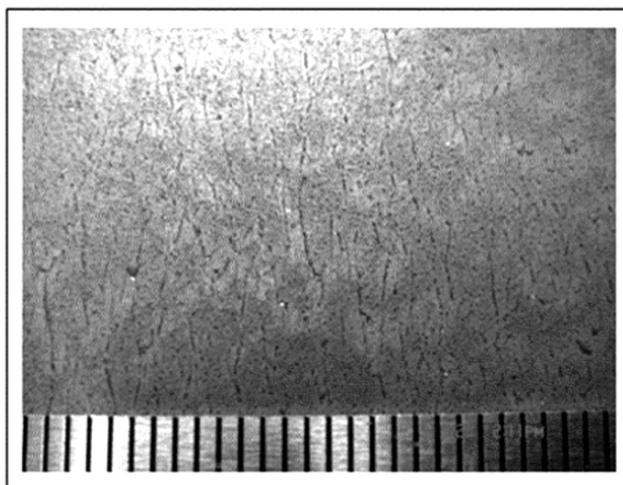
a chapa é laminada a quente em uma folha de aço laminada a quente utilizando o processo de laminação a quente quando a taxa de geração de rachadura for menor do que 2,

em que a taxa de geração de rachadura de superfície estimada, compreende calcular um índice de rachadura de superfície mediante uso das seguintes equações:

$$\text{índice de rachadura de superfície} = 120 \times \{(\text{eq. de Cu})^2 - 6 \times (\text{eq. de Cu})\},$$

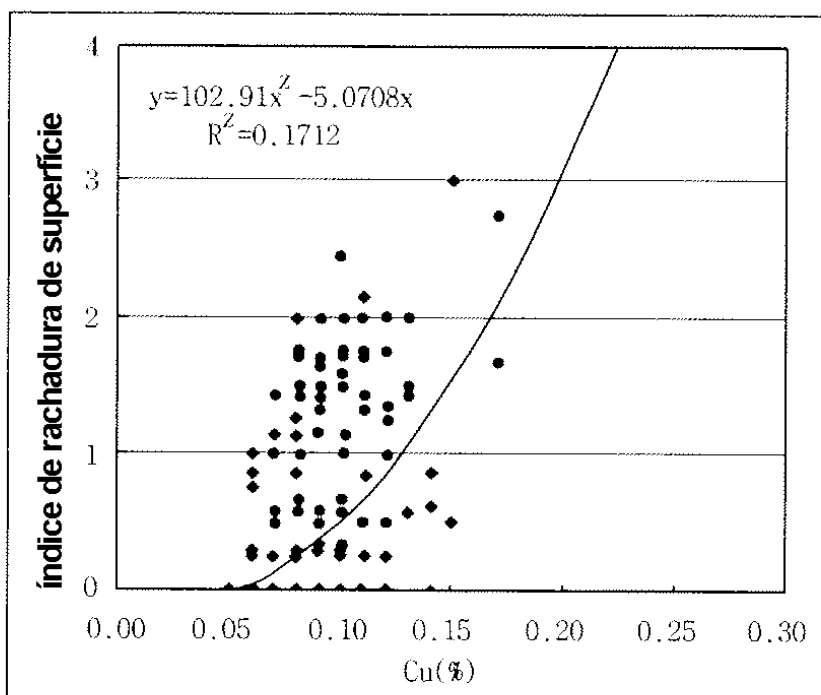
em que a taxa de geração de rachadura de superfície é estimada utilizando-se o índice de rachadura de superfície.

FIG. 1



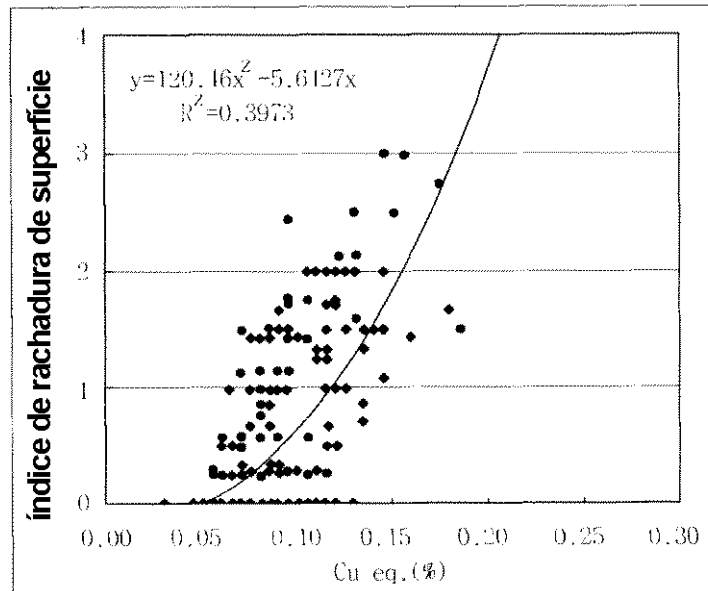
<rachadura de superfície gerada na superfície da bobina laminada a quente>

FIG. 2



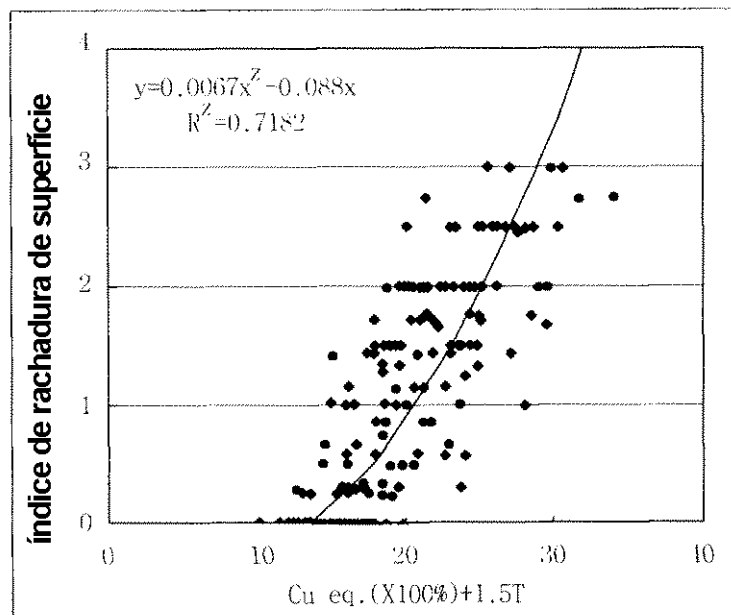
índice de rachadura de superfície vs. Cu

FIG. 3



índice de rachadura de superfície vs. eq. de Cu

FIG. 4



índice de rachadura de superfície vs. eq. de Cu (X100%)+1,5* espessura de bobina

FIG. 5

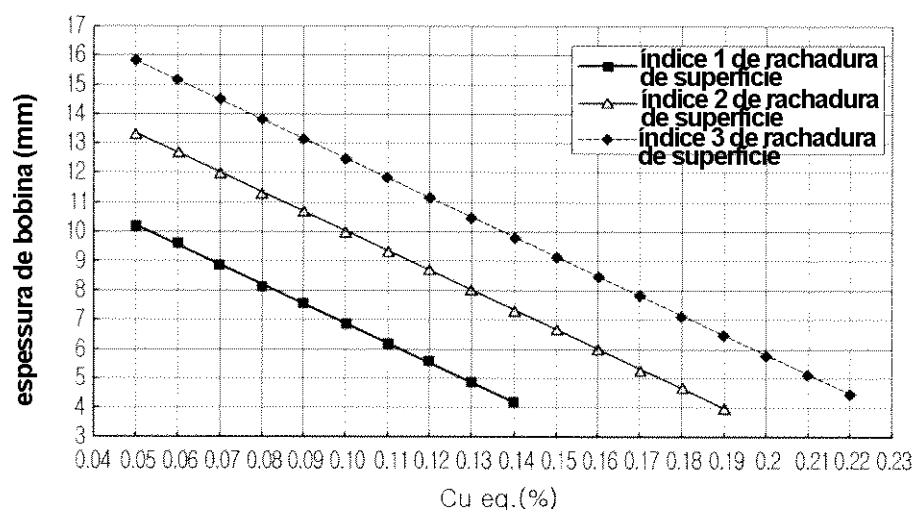


FIG. 6

