



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

(21) PI 1013732-7 A2



(22) Data do Depósito: 13/05/2010

(43) Data da Publicação Nacional: 18/08/2020

(54) **Título:** MÉTODO DE RESFRIAMENTO E DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO DE TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE

(51) **Int. Cl.:** B21B 45/02.

(30) **Prioridade Unionista:** 13/05/2009 JP 2009-116547.

(71) **Depositante(es):** NIPPON STEEL CORPORATION.

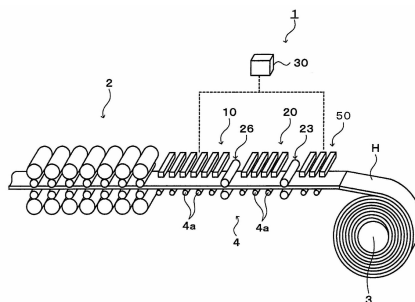
(72) **Inventor(es):** NORIYUKI HISHINUMA; TETSUO KISHIMOTO; YOSHIHIRO SERIZAWA; YASUHIRO NISHIYAMA; SHIGERU OGAWA; HITOSHI NIKAIDOH; ISAO YOSHII; NOBUHIRO TAKAGI; SHINJI IDA.

(86) **Pedido PCT:** PCT JP2010003238 de 13/05/2010

(87) **Publicação PCT:** WO 2010/131467 de 18/11/2010

(85) **Data da Fase Nacional:** 10/11/2011

(57) **Resumo:** MÉTODO DE RESFRIAMENTO E DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO DE TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE. A presente invenção refere-se a um método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente, que passou por uma laminação de acabamento, incluindo: resfriar a tira de aço laminada a quente a partir de uma primeira temperatura não inferior a 600°C e não superior a 650°C a uma segunda temperatura não superior a 450°C, com água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, em que com relação à área da superfície-alvo, a área de uma parte, onde uma pluralidade de jatos de aspersão da água de resfriamento colide diretamente na superfície-alvo, é pelo menos 80%.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE RESFRIAMENTO E DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO DE TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE**".

CAMPO TÉCNICO

5 A presente invenção refere-se a um método de resfriamento e a um dispositivo de resfriamento para resfriamento de uma tira de aço laminada a quente, enquanto alimentando a mesma que passou por uma laminação de acabamento para um processo de laminação a quente.

Este pedido de patente reivindica a prioridade do pedido de pa-  
10 tente japonesa de nº 2009-116547, depositado na Repartição de Patentes Japonesas no dia 13 de maio de 2009, cujo conteúdo é incorporado por referência no presente relatório descritivo.

ANTECEDENTES

Uma tira de aço laminada a quente, que tenha passado por uma  
15 laminação de acabamento para um processo de laminação a quente (a seguir, referida como "tira de aço"), é transportada de um laminador de acabamento a uma bobinadeira, por uso de uma mesa de saída. A tira de aço em transporte é resfriada a uma temperatura predeterminada, por meio de dispositivos de resfriamento, que são proporcionados acima e abaixo da me-  
20 sa de saída, e, depois, é bobinada pela bobinadeira. Uma vez que a maneira de resfriamento da tira de aço, após passagem pela laminação de acabamento, tem uma influência significativa nas propriedades mecânicas da tira de aço, é importar resfriar uniformemente a tira de aço a uma temperatura predeterminada.

25 Usualmente, o resfriamento da tira de aço, após passagem pela laminação de acabamento, é conduzido por uso, por exemplo, de água (a seguir, referida como "água de resfriamento"), como um meio refrigerante. Nesse caso, quando a tira de aço é resfriada com a água de resfriamento, um estado de resfriamento da tira de aço varia, dependendo da temperatura  
30 da tira de aço. Por exemplo, em um processo de resfriamento laminar geral, como ilustrado na figura 9, (1) quando a tira é resfriada em um estado de ebulição em filme A, (2) quando a temperatura superficial T da tira de aço

não é superior a aproximadamente  $350^{\circ}\text{C}$ , a tira de aço é resfriada em um estado de ebulição nucleado B, e (3) quando a temperatura superficial  $T$  da tira de aço está na faixa de temperaturas entre o estado de ebulição de filme A e o estado de ebulição nucleado B, a tira de aço é resfriada em um estado de ebulição de transição C. Nesse caso, a "temperatura superficial" significa a temperatura de uma superfície de tira de aço com a água de resfriamento.

No estado de ebulição de filme A, quando a água de resfriamento é ejetada na tira de aço, a água de resfriamento imediatamente é vaporizada na superfície da tira de aço, com o que um filme de vapor cobre a superfície da tira de aço. Quando a tira de aço é resfriada no estado de ebulição de filme A, uma vez que esse filme de vapor resfrie a tira de aço, um desempenho de resfriamento é baixo, mas o coeficiente de transferência térmica  $h$  é substancialmente constante, como ilustrado na figura 9. Portanto, como ilustrado na figura 10, o fluxo térmico (vazão térmica)  $Q$  diminui, na medida em que a temperatura superficial  $T$  da tira de aço diminui. Geralmente, em um caso no qual a temperatura interna da tira de aço é alta, a temperatura superficial é também alta, devido à condução térmica da parte de dentro da tira de aço. Conseqüentemente, no estado de ebulição de filme A, uma parte da tira de aço, na qual a temperatura superficial é alta, esfria rapidamente, e uma parte da tira de aço, na qual a temperatura superficial é baixa, esfria lentamente. Por conseguinte, mesmo se a temperatura interna ou a temperatura superficial da tira de aço for variada localmente, o desvio de temperatura na tira de aço diminui, na medida em que o resfriamento prossegue.

No estado de ebulição nucleado B, quando a água de resfriamento é ejetada na tira de aço, a água de resfriamento entra em contato direto com a superfície da tira de aço, sem gerar o filme de vapor descrito acima. Portanto, o coeficiente de transferência térmica  $h$  da tira de aço, resfriada no estado de ebulição nucleado B, é maior do que o coeficiente de transferência térmica  $h$  da tira de aço, resfriada no estado de ebulição de filme A, como ilustrado na figura 9. Além disso, como ilustrado na figura 10, o fluxo térmico  $Q$  diminui, na medida em que a temperatura superficial da tira

de aço diminui. Conseqüentemente, no estado de ebulição nucleado B, o desvio de temperatura na tira de aço diminui, na medida em que o resfriamento prossegue, como no estado de ebulição de filme A. Enquanto isso, o fluxo térmico  $Q$  ( $W/m^2$ ) pode ser calculado por uso da seguinte Fórmula (I), na qual o  $h$  ( $W/(m^2.K)$ ) é o coeficiente de transferência térmica, o  $T(K)$  é a temperatura superficial da tira de aço, e o  $W(K)$  é a temperatura da água de resfriamento, ejetada na tira de aço.

$$Q = h \times (T - W) \quad \dots \text{Fórmula (I)}$$

No entanto, no estado de ebulição de transição C, no qual uma parte de estado de ebulição de filme e uma parte de estado de ebulição de ebulição nucleada são geradas, uma parte resfriada pelo filme de vapor e uma parte colocada em contato direto com a água de resfriamento coexistem. Nesse estado de ebulição de transição C, o coeficiente de transferência térmica  $h$  e o fluxo térmico  $Q$  aumentam, na medida em que a temperatura superficial da tira de aço diminui. Isso é porque a área de contato, entre a água de resfriamento e a tira de aço, aumenta, na medida em que a temperatura superficial da tira de aço diminui.

Conseqüentemente, uma parte na qual a temperatura superficial  $T$  da tira de aço é alta, isto é, uma parte na qual a temperatura interna é alta, esfria lentamente, enquanto que uma parte, na qual a temperatura superficial da tira de aço é baixa, esfria rapidamente. Por conseguinte, se uma variação de temperatura local ocorre na tira de aço, essa variação de temperatura aumenta significativamente. Isto é, durante o resfriamento da tira de aço no estado de ebulição de transição C, o desvio de temperatura na tira de aço aumenta, na medida em que o resfriamento prossegue, isto é, é impossível atingir o resfriamento uniforme da tira de aço.

O Documento de Patente 1 descreve um método, incluindo uma etapa que interrompe o resfriamento, antes que seja atingida uma temperatura inicial de ebulição de transição, e uma etapa, que esfria subseqüentemente a tira de aço com água de resfriamento, na densidade de quantidade de água (quantidade de água por unidade de área e unidade de tempo, fornecida à tira de aço), pela qual a água de resfriamento se transforma no es-

tado de ebulição nucleado. Nesse método de resfriamento, com base no fato de que a temperatura inicial de estado de transição e a temperatura inicial de ebulição nucleada se deslocam para o lado de maior temperatura, na medida em que a densidade de quantidade de água da água de resfriamento, ejetada na tira de aço, aumenta, após resfriamento da tira de aço no estado de ebulição de filme, a tira de aço é esfriada subsequentemente no estado de ebulição nucleado, por aumento da densidade de quantidade de água da água de resfriamento.

#### DOCUMENTO DA TÉCNICA ANTERIOR

#### 10 DOCUMENTO DE PATENTE

Documento de patente 1 Pedido de patente japonesa não examinado, primeira publicação de nº 2008-110353

#### DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

#### PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS PELA INVENÇÃO

15 No entanto, no método descrito no Documento de Patente 1, a água de resfriamento, tendo a densidade de quantidade de água não superior a  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , é ejetada linearmente (em uma maneira em forma de bastão) na tira de aço. Os inventores conduziram estudos e verificaram depois que, quando o método, como descrito no Documento de Patente 1, é empregado, é impossível evitar que a tira de aço seja resfriada no estado de ebulição de transição, e, desse modo, o desvio de temperatura aumenta na medida em que o resfriamento prossegue.

20 Como descrito acima, o desvio de temperatura na tira de aço diminui, quando a tira de aço é esfriada no estado de ebulição de filme e no estado de ebulição nucleado. Consequentemente, se a tira de aço é esfriada apenas no estado de ebulição de filme e no estado de ebulição nucleado, de modo a evitar o estado de ebulição de transição, supõe-se que o desvio de temperatura na tira de aço, após o resfriamento no estado de ebulição nucleado, seja menor do que o desvio de temperatura na tira de aço, após o resfriamento no estado de ebulição de filme.

30 No entanto, de acordo com a Tabela 1 e a Tabela 2 do Documento de Patente 1, o desvio de temperatura na tira de aço, no lado de saí-

da de uma segunda mesa de saída (estado de ebulição nucleado), é maior do que o desvio de temperatura na tira de aço, no lado de saída de uma segunda mesa de saída (estado de ebulição nucleado), é maior do que o desvio de temperatura na tira de aço, no lado de saída de uma primeira mesa de saída (estado de ebulição de filme). Isso é evidência de que, no método de resfriamento descrito no Documento de Patente 1, o desvio de temperatura na tira de aço aumenta devido ao resfriamento da tira de aço no estado de ebulição de transição. Consequentemente, por meio da técnica no Documento de Patente 1, é impossível atingir o resfriamento uniforme da tira de aço.

A presente invenção é feita em vista dos problemas mencionados acima, e um objetivo da presente invenção é atingir um resfriamento uniforme de uma tira de aço laminada a quente, em um processo de resfriamento de tira de aço laminada a quente, após passagem por uma laminação de acabamento para um processo de laminação a quente.

#### MEIOS PARA SOLUCIONAR OS PROBLEMAS

A presente invenção emprega os métodos ou configurações apresentados a seguir, para solucionar os problemas mencionados acima.

(1) Um primeiro aspecto da presente invenção é um método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente, que passou por uma laminação de acabamento. Nesse método, uma superfície-alvo da tira de aço é esfriada, de uma primeira temperatura não inferior a 600°C e não superior a 650°C a uma segunda temperatura não superior a 450°C, com água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Com relação à área da superfície-alvo, a área de uma parte, na qual uma pluralidade de jatos de aspersão da água de resfriamento colide diretamente na superfície-alvo, é pelo menos 80%.

(2) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com (1), a água de resfriamento pode ser ejetada, de modo que ela colida na superfície-alvo com velocidade não inferior a 20 m/s.

(3) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente,

de acordo com (1) ou (2), a água de resfriamento pode ser ejetada, de modo que ela colida na superfície-alvo com uma pressão não inferior a 2 kPa.

(4) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com (1) ou (2), a água de resfriamento pode ser ejetada em uma  
5 forma substancialmente cônica, e o ângulo de impacto da água de resfriamento com a superfície-alvo não pode ser inferior a 75 graus e não superior a 90 graus, quando visto da direção de laminação da tira de aço.

(5) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com (1) ou (2), a água de resfriamento, que escoar em uma superfície superior da tira de aço laminada a quente, pode ser bloqueada no lado  
10 a montante, a partir de uma posição na qual se inicia um suprimento de água de resfriamento, e a água de resfriamento, que escoar na superfície superior da tira de aço laminada a quente, pode ser bloqueada no lado a jusante, de uma posição na qual o suprimento da água de resfriamento acaba.

(6) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com (1) ou (2), uma superfície superior e uma superfície inferior da tira de aço laminada a quente podem ser esfriadas, enquanto controlando-se um desempenho de resfriamento para a superfície superior da tira de  
15 aço laminada a quente, para que não seja inferior a 0,8 vez e não superior a 1,2 vez um desempenho de resfriamento para a superfície inferior da tira de  
20 aço laminada a quente.

(7) No método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com (1) ou (2), apenas uma superfície inferior da tira de aço laminada a quente pode ser resfriada.

(8) Um segundo aspecto da presente invenção é um dispositivo de resfriamento, que esfria uma tira de aço laminada a quente, que tenha passado por uma laminação de acabamento. O dispositivo de resfriamento inclui um dispositivo de resfriamento rápido, que esfria uma superfície-alvo da tira de aço laminada a quente, de uma primeira temperatura não inferior a  
25 600°C e não superior a 650°C a uma segunda temperatura não superior a  
30 450°C, com água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Com relação à

área da superfície-alvo, a área de uma parte na qual uma pluralidade de jatos de aspersão da água de resfriamento colide diretamente na superfície-alvo é pelo menos 80%.

5 (9) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8), o dispositivo de resfriamento rápido pode incluir uma pluralidade de bocas de aspersão, que ejetam a água de resfriamento, a pluralidade de bocais de aspersão ejetando a água de resfriamento, de modo que ela colida na superfície-alvo com velocidade não inferior a 20 m/s.

10 (10) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8) ou (9), o dispositivo de resfriamento rápido pode incluir uma pluralidade de bocas de aspersão, que ejetam a água de resfriamento, a pluralidade de bocais de aspersão ejetando a água de resfriamento, de modo que ela colida na superfície-alvo com uma pressão  
15 não inferior a 2 kPa.

(11) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8) ou (9), cada uma da pluralidade de bocas de aspersão pode ejetar água de resfriamento em uma forma substancialmente cônica, e o ângulo de impacto da água de resfriamento com a superfície-alvo não pode ser inferior a 75 graus e não superior a 90 graus,  
20 quando visto da direção de laminação da tira de aço.

(12) O dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8) ou (9), pode ainda incluir: um primeiro mecanismo de bloqueio de água, que bloqueia a água de resfriamento, que esco  
25 coa em uma superfície superior da tira de aço laminada a quente, a partir de uma posição na qual se inicia um suprimento de água de resfriamento; e um segundo mecanismo de bloqueio de água de resfriamento, que bloqueia a água de resfriamento, que escoa na superfície superior da tira de aço laminada a quente, no lado a jusante, de uma posição na qual o suprimento da  
30 água de resfriamento acaba.

(13) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com a (12), o primeiro mecanismo de bloqueio

de água pode incluir um primeiro bocal de bloqueio de água, que ejeta a água de bloqueio para o lado a montante, da superfície-alvo; e o segundo mecanismo de bloqueio de água pode incluir um segundo bocal de bloqueio de água, que ejeta a água de bloqueio para o lado a jusante, da superfície-alvo.

(14) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação (13), o primeiro mecanismo de bloqueio de água pode incluir um primeiro cilindro de bloqueio de água, proporcionado no lado a jusante do primeiro bocal de bloqueio de água; e o segundo mecanismo de bloqueio de água pode incluir um segundo cilindro de bloqueio de água, proporcionado no lado a montante do segundo bocal de bloqueio de água.

(15) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8) ou (9), o dispositivo de resfriamento rápido pode esfriar apenas uma superfície superior da tira de aço laminada a quente.

(16) No dispositivo de resfriamento, que resfria a tira de aço laminada a quente de acordo com (8) ou (9), o dispositivo de resfriamento rápido pode esfriar uma superfície superior e uma superfície inferior da tira de aço laminada a quente, e um desempenho de resfriamento para a superfície superior da tira de aço laminada a quente não é inferior a 0,8 vez e não superior a 1,2 vez de um desempenho de resfriamento para a superfície inferior da tira de aço laminada a quente.

#### EFEITOS DA INVENÇÃO

De acordo com a presente invenção, se uma variação de temperatura ocorrer localmente na tira de aço, uma parte na qual a temperatura é alta esfria rapidamente e uma parte na qual a temperatura é baixa esfria lentamente, o desvio de temperatura na tira de aço laminada a quente fica uniforme. Por conseguinte, o resfriamento uniforme da tira de aço pode ser obtido.

Em outras palavras, é preferível conduzir o resfriamento da tira de aço com a água de resfriamento, tendo uma densidade de quantidade de

água de modo que a temperatura da superfície-alvo da tira de aço diminua de uma primeira temperatura, não inferior a 600°C e não superior a 650°C, a uma segunda temperatura, não superior a 450°C. Nesse caso, a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição pode ser diminuída  
5 abaixo de 20% da duração, na qual uma parte da tira de aço passa por uma região na qual a tira de aço é esfriada com a água de resfriamento na densidade de quantidade de água descrita acima (região de resfriamento rápido). Conseqüentemente, o desvio de temperatura na tira de aço laminada a quente, após passagem pela região de resfriamento rápido, pode ser igual  
10 ou menor do que o desvio de temperatura na tira de aço laminada a quente, antes de passagem pela região de resfriamento rápido.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A figura 1 é uma vista em perspectiva esquemática de uma instalação de laminação a quente, incluindo um dispositivo de resfriamento de acordo com uma concretização da presente invenção.  
15

A figura 2 é uma vista lateral esquemática de um laminador de acabamento, um dispositivo de resfriamento e um mecanismo de bloqueio de água no lado a montante.

A figura 3 é uma vista lateral esquemática do mecanismo de bloqueio de água no lado a jusante, um dispositivo de resfriamento rápido e em mecanismo de bloqueio de água no lado a jusante.  
20

A figura 4A mostra um exemplo no qual bocais de aspersão são dispostos de modo que as seções de impacto de jato de aspersão cobrem pelo menos 80% da área de uma superfície-alvo da tira de aço.

A figura 4B mostra um exemplo no qual bocais de aspersão são dispostos de modo que as seções de impacto de jato de aspersão cobrem aproximadamente 80% da área de uma superfície-alvo da tira de aço.  
25

A figura 5 é um gráfico mostrando uma relação entre a temperatura de superfície da tira de aço e o coeficiente de transferência térmica.

A figura 6 é um gráfico mostrando uma relação entre a temperatura de superfície da tira de aço e o fluxo térmico.  
30

A figura 7 é um gráfico mostrando uma relação entre a duração

do resfriamento e o fluxo térmico.

A figura 8A é um gráfico mostrando uma relação entre a razão de uma duração para um resfriamento no estado de ebulição nucleado, e a razão do "desvio de temperatura após o resfriamento / desvio de temperatura antes do resfriamento".

A figura 8B é um gráfico mostrando uma relação entre a densidade de quantidade de água da água de resfriamento e a razão do "desvio de temperatura após o resfriamento / desvio de temperatura antes do resfriamento".

A figura 9 é um gráfico mostrando uma relação entre a temperatura superficial da tira de aço e o coeficiente de transferência térmica, em um método de resfriamento de tira de aço geral.

A figura 10 é um gráfico mostrando uma relação entre a temperatura superficial da tira de aço e o fluxo térmico, em um método de resfriamento de tira de aço geral.

#### CONCRETIZAÇÕES DA INVENÇÃO

Os inventores verificaram que é vantajoso:

(1) esfriar a tira de aço com água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água (quantidade de água por unidade de área e unidade de tempo, fornecida à tira de aço) não inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$  e não superior a  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , de modo que a temperatura da superfície-alvo da tira de aço diminua de uma primeira temperatura, não inferior a  $600^\circ\text{C}$  e não superior a  $650^\circ\text{C}$ , a uma segunda temperatura, não superior a  $450^\circ\text{C}$ ; e

(2) conduzir o resfriamento em uma condição na qual pelo menos 80% da superfície-alvo da tira de aço seja uma parte na qual uma pluralidade dos jatos de aspersion da água de resfriamento colida diretamente na superfície-alvo da tira de aço, no ponto seguinte.

Isto é, a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição pode ser menor do que 20% da duração de resfriamento na região de resfriamento rápido, com o que é possível diminuir o desvio de temperatura na tira de aço após passar pela região de resfriamento rápido, a partir de que antes passando pela região de resfriamento rápido.

A seguir, uma concretização da presente invenção, que é derivada com base na descoberta acima, vai ser explicada com referência aos desenhos.

5 A figura 1 mostra uma vista esquemática de uma configuração com base em um laminador de acabamento 2 em uma instalação de laminação a quente, com um dispositivo de resfriamento 1, de acordo com esta concretização. Na instalação de laminação a quente, uma tira de aço H é transportada na velocidade de alimentação de aproximadamente 3 a 25 m/s, que é uma condição operacional normal.

10 Como mostrado na figura 1, a instalação de laminação a quente inclui um laminador de acabamento 2, que lamina continuamente a tira de aço H, que é descarregada de um forno de aquecimento (não mostrado), e depois laminada por um laminador de desbaste (não mostrado), um dispositivo de resfriamento 1, que resfria a tira de aço H, após passagem pela laminação de acabamento, a, aproximadamente 350°C, e uma bobinadeira 3, que bobina a tira de aço H. Entre o laminador de acabamento 2 e a bobinadeira 3, uma mesa de saída 4, com um laminador de mesa 4a, é proporcionada. Depois, a tira de aço H, que é laminada pelo laminador de acabamento 2, é resfriada pelo dispositivo de resfriamento 1, enquanto é transportada  
15 pela mesa de saída 4, e depois bobinada pela bobinadeira 3.

Um dispositivo de resfriamento 10, que esfria a tira de aço H, imediatamente após passar pelo laminador de acabamento 2, é disposto no lado mais a montante no dispositivo de resfriamento 1, isto é, no lado a jusante imediato do laminador de acabamento 2. O dispositivo de resfriamento  
25 10 tem uma pluralidade de bocais laminares 11, que ejetam a água de resfriamento na tira de aço H, como ilustrado na figura 2. A pluralidade de bocais laminares 11 é disposta em linha com a direção transversal da tira de aço H. A densidade de quantidade de água ejetada dos bocais laminares 11 na tira de aço H pode ser, por exemplo,  $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ . Depois, a tira de aço H, que passou pelo laminador de acabamento 2 e tem uma superfície-alvo da  
30 tira de aço com uma temperatura não superior a 840°C e não inferior a 960°C, é esfriada de modo que a temperatura não atinja uma temperatura-

alvo não inferior a 600°C, com a água de resfriamento ejetada dos bocais laminares 11. A temperatura-alvo precisa ser mais alta do que a temperatura inicial da ebulição de transição da água de resfriamento, ejetada do bocal laminar 11, por pelo menos 30°C. Por exemplo, se a temperatura for mais alta do que a temperatura inicial da ebulição de transição por aproximadamente 10°C, o ponto de impacto da água de resfriamento, ejetada do bocal laminar 11, no qual o desempenho de resfriamento é localmente alto, tende a atingir a temperatura inicial da ebulição de transição. Consequentemente, é preferível que a temperatura-alvo seja mais alta do que a temperatura inicial da ebulição de transição por pelo menos 30°C. Nesse meio tempo, a temperatura inicial da ebulição de transição varia, dependendo da densidade de quantidade de água, da velocidade de alimentação, da temperatura da água de resfriamento e similares. Consequentemente, a temperatura pode ser ajustada adequadamente com base no resultado da operação de teste da instalação de laminação a quente. Por exemplo, como é mostrado, a temperatura inicial da ebulição de transição aumenta, quando a densidade de quantidade de água da água de resfriamento, usada no resfriamento laminar, é alta, consequentemente, a temperatura-alvo precisa ser aumentada. Nesse meio tempo, na medida em que a velocidade de alimentação da tira de aço diminui, a temperatura inicial da ebulição de transição aumenta. Por exemplo, se a velocidade de alimentação for ajustada para que seja aproximadamente 2 m/s, que não é uma condição operacional normal, a temperatura vai ficar aproximadamente em 620°C. Por outro lado, na medida em que a velocidade de alimentação aumenta, a temperatura inicial da ebulição de transição diminui, isto é, se a velocidade de alimentação for ajustada para que seja aproximadamente 25 m/s, a temperatura vai ficar aproximadamente em 530°C. Por exemplo, se a densidade de quantidade de água da água de resfriamento usada no resfriamento laminar for inferior a 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, a temperatura-alvo pode ser ajustada para ser uma temperatura baixa, tal como 600°C. Nesse meio tempo, o dispositivo de resfriamento 10 pode conduzir resfriamento com ar, ou com uma mistura de ar e água (névoa).

Um dispositivo de resfriamento rápido 20, que esfria a tira de aço

H que foi resfriada à temperatura-alvo pelo dispositivo de resfriamento 10, é proporcionado no lado a jusante do dispositivo de resfriamento 10, como ilustrado na figura 1. O dispositivo de resfriamento rápido 20 inclui uma pluralidade de bocais de aspersão 21, em posições voltadas para a superfície da tira de aço, como ilustrado na figura 3. Todos os bocais de aspersão ejetam a água de resfriamento de uma maneira cônica, no sentido da superfície-alvo da tira de aço. O bocal de aspersão 21 pode ser disposto em uma posição na qual a altura E da tira de aço H (a distância da superfície-alvo da tira de aço para a extremidade inferior do bocal de aspersão 21) não é inferior a 700 mm, por exemplo, 1.000 mm. Isso possibilita evitar que a tira de aço H transportada H interfira com os bocais de aspersão 21 ou outros dispositivos, com o que o dano aos bocais de aspersão 21 ou à tira de aço H pode ser impedido. Enquanto isso, se a posição da extremidade inferior do bocal de aspersão 21 for ajustada para que seja aproximadamente 300 mm, com um dispositivo para reter a tira de aço H, proporcionada no lado a montante da instalação, é possível evitar que a tira de aço H interfira com o bocal de aspersão 21.

Como ilustrado nas figuras 4A e 4B, os bocais de aspersão podem ser dispostos de modo que as seções de impacto de jato de aspersão 21a cubram pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço. Em outras palavras, os bocais de aspersão 21 ejetam a água de resfriamento, de modo que a água de resfriamento colida em pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço no resfriamento rápido. Na presente invenção, as seções de impacto de jato de aspersão 21a correspondem a uma parte da superfície-alvo da tira de aço, na qual a água de resfriamento, ejetada dos bocais de aspersão 21, colide diretamente. Além disso, a superfície-alvo da tira de aço corresponde à área S, definida por um produto de L e w, em que L é a distância do centro da seção de impacto de jato de aspersão 21a, disposta no lado mais a montante da seção de impacto de jato de aspersão 21a, para o centro da seção de impacto de jato de aspersão 21, disposta no lado mais a jusante, e w é a largura da tira de aço H. A figura 4A ilustra um exemplo no qual os bocais de aspersão 21 são dispostos de modo que as

seções de impacto de jato de aspersão 21a cubram pelo menos 80% da área superfície-alvo da tira de aço. Ainda mais, a figura 4B ilustra um exemplo no qual os bocais de aspersão 21 são dispostos de modo que as seções de impacto de jato de aspersão 21a cubram pelo menos 80% da área superfície-alvo da tira de aço. No resfriamento da tira de aço H, o desempenho de resfriamento é significativamente diferente entre uma parte de impacto de jato de aspersão e uma parte sem impacto de jato de aspersão. Conseqüentemente, se a tira de aço incluir ambas a parte de impacto de jato de aspersão, resfriada com um alto desempenho de resfriamento, e a parte sem impacto de jato de aspersão, esfriada com um baixo desempenho de resfriamento, ainda que a temperatura da superfície-alvo da tira de aço seja reduzida na parte de impacto de jato de aspersão, o calor de recuperação da parte interna da tira de aço H provocado, devido à diminuição do desempenho de resfriamento na parte sem impacto de jato de aspersão, impede a redução da temperatura da superfície-alvo da tira de aço. No estado de ebulição de filme e no estado de ebulição nucleado, nos quais uma relação entre a temperatura da superfície de resfriamento da tira de aço e o fluxo térmico é uma inclinação positiva, a obstrução não provoca um desvio de temperatura significativo com relação à diminuição do desvio de temperatura na tira de aço H. No entanto, no estado de ebulição de transição, devido ao impedimento da redução de temperatura da superfície de resfriamento da tira de aço, a duração para residência no resfriamento do estado de ebulição de transição aumenta, aumentando, desse modo, o desvio de temperatura. Conseqüentemente, por disposição dos bocais de aspersão 21 de modo que as seções de impacto de jato de aspersão 21a cubram pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço, como ilustrado na figura 4A, é possível fazer com que o resfriamento no estado de ebulição de transição seja menor do que 20% da duração na região de resfriamento rápido, com o que o aumento do desvio de temperatura pode ser evitado. Além disso, se a densidade de quantidade de água for suficientemente alta, como ilustrado na figura 4B, os bocais de aspersão podem ser dispostos de modo que as seções de impacto de jato de aspersão 21a cubram aproximadamente 80% da

área da superfície-alvo da tira de aço. Isso possibilita esfriar a tira de aço H em uma condição tal que a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição, na região de resfriamento rápido, seja inferior a 20% da duração para o resfriamento na região de resfriamento rápido. Além disso, no que se refere às regiões de impacto de jato de aspersão 21a da água de resfriamento, ejetada dos bocais de aspersão 21 correspondentes, é preferível que as seções de impacto de jato de aspersão 21a da água de resfriamento, ejetada dos bocais de aspersão 21, não interfiram entre si além do necessário. Ainda mais, ainda que a figura 4A ilustre um caso no qual todos os bocais ejetam a água de resfriamento, todos os bocais não precisam ejetar a água de resfriamento, se as seções de impacto de jato de aspersão 21a cobrirem pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço.

A densidade de quantidade de água da água de resfriamento, ejetada na superfície-alvo da tira de aço da superfície superior da tira de aço H, dos bocais de aspersão 21, é ajustada para que não seja inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$  e não superior a  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ . Quando a densidade de quantidade de água é ajustada para que não seja inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , é possível esfriar a tira de aço H em uma condição tal que a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição seja inferior a 20% da duração para o resfriamento na região de resfriamento rápido. Enquanto isso, se a densidade de quantidade de água for ajustada para que seja inferior a  $6 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , mais certamente, é possível esfriar a tira de aço H, em uma condição tal que a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição seja inferior a 20% da duração para o resfriamento na região de resfriamento rápido. Por exemplo, quando a temperatura inicial de estado de ebulição de transição mencionada acima fica alta, é eficaz aumentar a densidade de quantidade de água. A densidade de quantidade de água de  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$  é o limite superior da densidade de quantidade de água, em uma condição operacional normal. Além disso, como ilustrado na figura 3, o ângulo de aspersão (ângulo de espalhamento)  $\alpha$  da água de resfriamento é, por exemplo, não inferior a 3 graus e não superior a 30 graus, e o ângulo de impacto  $\beta$  do jato de água de resfriamento, com relação à superfície-alvo da tira de aço, quan-

do visto da direção horizontal, é, de preferência, não inferior a 75 graus e não superior a 90 graus. Por exemplo, quando a água de resfriamento é ejetada no sentido da direção descendente, na forma substancialmente cônica com o ângulo de aspersão  $\alpha$  de 30 graus, o ângulo de impacto  $\beta$  do jato de aspersão (jato de aspersão da parte central), no sentido da direção descendente vertical, é de 90 graus, e o ângulo de impacto do jato de aspersão da parte circunferencial é de 75 graus. É preferível que o ângulo de impacto  $\beta$  da água de resfriamento seja próximo de um ângulo reto, com relação à superfície da tira de aço H, uma vez que a pressão de impacto possa ser facilmente aumentada, e a uniformidade na faixa de ejeção possa ser aperfeiçoada. Nesse caso, é possível aperfeiçoar ambos o desempenho de resfriamento e a uniformidade. No entanto, é difícil fazer com que todos os ângulos de impacto de aspersão da água de resfriamento sejam um ângulo reto, em termos da disposição da instalação.

Além disso, a velocidade de impacto da água de resfriamento, com relação à superfície-alvo da tira de aço, não pode ser inferior a 20 m/s. Ainda mais, a pressão de impacto não pode ser inferior a 2 kPa. Ao empregar-se essa velocidade de impacto e/ou pressão de impacto, ainda que a tira de aço tenha uma forma irregular, de modo que a água residual tenda a ficar na tira de aço, é possível fazer com que o jato de aspersão de água de resfriamento atinja diretamente a superfície-alvo da tira de aço. Se o jato de aspersão da água de resfriamento não atingir a superfície-alvo da tira de aço, o filme de vapor, formado na superfície-alvo da tira de aço, não pode ser purgado suficientemente, com o que a duração do resfriamento no estado de ebulição de transição vai ficar longo. Enquanto isso, se a velocidade de impacto for ajustada para que seja superior a 45 m/s, e a pressão de impacto for ajustada para que seja superior a 30 kPa, o efeito vai ficar saturado. Consequentemente, o limite superior da velocidade de impacto pode ser de 45 m/s, e o limite superior da pressão de impacto pode ser de 30 kPa.

Como ilustrado na figura 3, o dispositivo de resfriamento rápido pode ter uma pluralidade de bocais de aspersão 22, que ejetam água de resfriamento na superfície inferior da tira de aço H, de sob a tira de aço H.

Isso possibilita o resfriamento rápido da tira de aço H e a diminuição da duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição. A densidade de quantidade de água, a velocidade de impacto ou a pressão de impacto da água de resfriamento, ejetada na superfície inferior da tira de aço H dos bocais de aspersão 22, pode ser controlada para que seja equivalente àquela do bocal de aspersão 21. Mais especificamente, o desempenho de resfriamento dos bocais de aspersão 22, dispostos sob o lado da superfície inferior da tira de aço H, pode ser controlado de modo que seja substancialmente equivalente ao desempenho de resfriamento dos bocais de aspersão 21, dispostos acima do lado da superfície superior da tira de aço H (mais especificamente, não inferior a 0,8 vez e não superior a 1,2 vez do desempenho de resfriamento dos bocais de aspersão 21, dispostos acima do lado da superfície superior da tira de aço H), sem considerar a influência da água de resfriamento na tira de aço H e da gravidade. No entanto, ao considerar-se a influência da água de resfriamento na tira de aço H e da gravidade, a densidade de quantidade de água, a velocidade de impacto ou a pressão de impacto da água de resfriamento, ejetada na superfície inferior da tira de aço H, pode ser controlada. Depois, a tira de aço H, na qual a temperatura da superfície superior é reduzida a uma temperatura-alvo não inferior a 600°C pelo dispositivo de resfriamento 10, é esfriada com a água de resfriamento, ejetada dos bocais de aspersão 21 e 22 do dispositivo de resfriamento rápido 20, de modo que a temperatura final da região de resfriamento rápido da tira de aço atinja a temperatura não superior a 450°C ou 400°C. Essa temperatura final da região de resfriamento rápido pode ser ajustada adequadamente, com base no estabelecimento de propriedade mecânica do aço, espessura da tira de aço H, ou assemelhados. Além disso, uma vez que a temperatura final da região de resfriamento rápido varia, com base em vários fatores, tais como a densidade de quantidade de água, a espessura da tira de aço H e a velocidade de alimentação, essa temperatura pode ser ajustada adequadamente, com base no resultado da operação de teste da instalação de laminação a quente. Enquanto isso, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ter uma configuração na qual apenas os bocais de aspersão 21

são dispostos acima do lado da superfície superior da tira de aço H. A temperatura inicial da região de resfriamento rápido e a temperatura final da região de resfriamento rápido da tira de aço podem ser obtidas por medida da superfície da tira de aço com um termômetro de radiação. No que se refere à  
5 posição de medida, a temperatura inicial da região de resfriamento rápido pode ser medida nas vizinhanças do lado a montante da seção de impacto de jato de aspersão, disposta no lado mais a montante, e a temperatura final da região de resfriamento rápido pode ser medida nas vizinhanças do lado a jusante da seção de impacto de jato de aspersão, disposta no lado mais a  
10 jusante.

No lado a jusante imediato do dispositivo de resfriamento rápido 20, como ilustrado na figura 1, um mecanismo de bloqueio de água 23 é proporcionado para impedir que a água de resfriamento, que é ejetada na superfície superior da tira de aço H, pelo dispositivo de resfriamento rápido  
15 20, escoe para o lado a jusante do dispositivo de resfriamento rápido 20. O mecanismo de bloqueio de água 23 bloqueia a água de resfriamento escoando na superfície superior da tira de aço H, no lado a jusante da superfície-alvo da tira de aço, isto é, no lado a jusante de uma posição na qual o suprimento da água de resfriamento para o resfriamento rápido acaba. O mecanismo de bloqueio de água 23 pode incluir bocais de bloqueio de água 25,  
20 que ejetam água de bloqueio na superfície superior da tira de aço H. Além disso, um cilindro de bloqueio de água 24 pode ser proporcionado na superfície superior da tira de aço H, no lado a montante dos bocais de bloqueio de água 25. Nesse caso, o cilindro de bloqueio de água 24 pode impedir que a maior parte da água de resfriamento escoe para o lado a jusante, e os bocais de bloqueio de água 25 bloqueiam ainda a água de resfriamento, consequentemente, a água de resfriamento pode ser removida com mais segurança, quando em comparação com o caso no qual apenas os bocais de bloqueio de água 25 são usados. Ainda mais, é possível reduzir o desempenho do bocal de bloqueio de água 25. Dessa maneira, a água de resfriamento,  
25 que escoar na tira de aço H, é bloqueada. Se o bloqueio de água for conduzido inadequadamente, um fluxo de água irregular pode ocorrer na tira de  
30

ação H, provocando, desse modo, uma variação de temperatura.

No lado a montante imediato do dispositivo de resfriamento rápido 20 (o lado a jusante do dispositivo de resfriamento 10), como ilustrado na figura 1, um mecanismo de bloqueio de água no lado a montante 26 é proporcionado para impedir que a água de resfriamento escoe para o lado do dispositivo de resfriamento 10. O mecanismo de bloqueio de água 26 bloqueia a água de resfriamento de escoar na superfície superior da tira de aço H, no lado a montante da superfície-alvo da tira de aço, isto é, no lado a montante da posição na qual o suprimento da água de resfriamento para o resfriamento começa. Como ilustrado na figura 3, o lado a montante do mecanismo de bloqueio de água no lado a montante 26 pode incluir os bocais de bloqueio de água 28, como no mecanismo de bloqueio de água no lado a jusante 23. Além disso, um cilindro de bloqueio de água 27 pode ser proporcionado no lado a jusante do bocal de bloqueio de água 28. Depois, a água de resfriamento escoando na superfície superior da tira de aço H pode ser bloqueada pelo mecanismo de bloqueio de água no lado a montante 26. Se o bloqueio de água for conduzido inadequadamente, um fluxo de água irregular pode ocorrer na tira de aço H, provocando, desse modo, uma variação de temperatura.

Ainda mais, como ilustrado na figura 1, o dispositivo de resfriamento 1 pode incluir um dispositivo de resfriamento adicional 50, na lado a jusante do dispositivo de resfriamento rápido 20. Esse dispositivo de resfriamento adicional 50 pode ter uma configuração similar àquela do dispositivo de resfriamento 10 descrito acima, e pode conduzir não apenas resfriamento por água, mas também resfriamento com ar ou resfriamento com névoa.

No dispositivo de resfriamento 1, como ilustrado na figura 1, uma unidade de controle 30 é disposta, que controla a temperatura da tira de aço H por ajuste da densidade de quantidade de água, da duração da ejeção, ou similares da água de resfriamento ejetada dos bocais, tais como bocais laminares 11 no dispositivo de resfriamento 10, bocais de aspersão 21, 22 no dispositivo de resfriamento rápido 20, e bocais laminares no dispositivo de resfriamento adicional 50.

A seguir, um método para resfriamento da tira de aço H, de acordo com uma concretização da presente invenção, vai ser explicado com referência às figuras 5 e 6. A figura 5 é um gráfico que mostra uma relação entre a temperatura superficial T da tira de aço H e o coeficiente de transferência térmica (desempenho de resfriamento) h. A figura 6 é um gráfico que mostra uma relação entre a temperatura superficial T da tira de aço H e o fluxo térmico Q.

A tira de aço H, que é laminada continuamente por uma laminação de acabamento 2 e tem uma temperatura superficial de aproximadamente 940°C, é alimentada ao dispositivo de resfriamento 10. No dispositivo de resfriamento 10, a água de resfriamento, tendo a densidade de quantidade de água de aproximadamente 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, que é controlada pela unidade de controle 30, é ejetada na tira de aço H. Usando-se a água de resfriamento nessa densidade de quantidade de água, a tira de aço H pode ser esfriada no estado de ebulição de filme A. Nota-se que o dispositivo de resfriamento 10 pode conduzir resfriamento com gás ou mistura de gás e água. Depois, como ilustrado na figura 5, o dispositivo de resfriamento 10 esfria a tira de aço H, de modo que a temperatura superficial T atinja uma temperatura-alvo não inferior a 600°C e não superior a 650°C. Esta temperatura-alvo é, de preferência, mais alta do que a temperatura na qual o estado de ebulição de água de resfriamento é convertido do estado de ebulição de filme para o estado de ebulição de transição, no qual a tira de aço H é esfriada com a água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água não superior a aproximadamente 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Uma vez que o dispositivo de resfriamento 10 pode esfriar a tira de aço no estado de ebulição de filme, é possível atingir o resfriamento uniforme da tira de aço. Nota-se que, após um certo período ter passado do acabamento do resfriamento com água, o calor de recuperação da parte interna da tira de aço vai continuar. Conseqüentemente, a temperatura superficial vai ficar substancialmente equivalente à temperatura interna.

A seguir, a tira de aço H, que é esfriada de modo que a temperatura superficial T seja reduzida à temperatura-alvo não inferior a 600°C e não

superior a 650°C, é alimentada ao dispositivo de resfriamento rápido 20. No dispositivo de resfriamento rápido 20, a água de resfriamento, tendo a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, é ejetada na superfície superior da tira de aço, e, depois, como  
5 ilustrado na figura 5, a tira de aço é esfriada de modo que a temperatura superficial T atinja a temperatura final da região de resfriamento rápido não superior a 450°C. Nota-se que a quantidade de suprimento da água de resfriamento pode ser controlada pela unidade de controle 30. Abaixo, mostra-se um exemplo no qual o dispositivo de resfriamento rápido 20 esfria a su-  
10 perfície superior da tira de aço, da temperatura inicial da região de resfriamento rápido de 650°C à temperatura final da região de resfriamento de 350°C.

No resfriamento usando o dispositivo de resfriamento rápido 20, a densidade de quantidade de água da água de resfriamento, ejetada na  
15 superfície-alvo da tira de aço, é mais alta do que a densidade de quantidade de água da água de resfriamento usada no dispositivo de resfriamento 10. Conseqüentemente, a faixa do estado de ebulição de transição C na tira de aço H é deslocada para o lado de maior temperatura da faixa do estado de ebulição de transição C' na tira de aço H, no dispositivo de resfriamento 10  
20 (vide a figura 5). No resfriamento por meio do dispositivo de resfriamento rápido 20, a tira de aço H é esfriada no estado de ebulição de transição C, quando a temperatura da superfície-alvo diminui a 590°C, e, depois, no estado de ebulição nucleado B, a tira de aço H é esfriada até que a temperatura T da superfície-alvo da tira de aço atinge aproximadamente 300°C. No  
25 dispositivo de resfriamento rápido 20, a taxa de resfriamento da superfície-alvo da tira de aço é alta, devido à alta densidade de quantidade de água. Conseqüentemente, o estado de ebulição de transição C é imediatamente passado, e a duração de resfriamento da tira de aço H, no estado de ebulição de transição C, fica mais curta do que 20% da duração para resfriamen-  
30 to da tira de aço H, na região de resfriamento rápido. No estado de ebulição de transição C, no qual o fluxo térmico Q aumenta na medida em que a temperatura superficial T da tira de aço H diminui, o desvio de temperatura ten-

de a aumentar. No entanto, como descrito acima, a duração de resfriamento no estado de ebulição de transição C é curta, isto é, mais curta do que 20% da duração para resfriamento da tira de aço H na região de resfriamento rápido. Por conseguinte, ainda que a superfície da tira de aço H seja rapidamente resfriada no estado de ebulição de transição C, o desvio de temperatura vai aumentar nas vizinhanças da superfície, e, desse modo, o grau de resfriamento na tira de aço, no estado de ebulição de transição, é pequeno, uma vez que a condução térmica da parte interna é pequena.

Depois, como ilustrado na figura 6, a tira de aço é esfriada no estado de ebulição nucleado B. No estado de ebulição nucleado, como no estado de ebulição de filme A, o fluxo térmico  $Q$  diminui na medida em que a temperatura superficial da tira de aço H diminui, portanto, com a redução da temperatura da tira de aço, o desvio de temperatura na tira de aço H diminui. Além disso, uma vez que o fluxo térmico no resfriamento é grande e a duração de resfriamento é longa, a condução térmica da parte interna da tira de aço H é grande, com que a tira de aço pode ser esfriada rapidamente.

Por conseguinte, o desvio de temperatura é eliminado, por causa da curta duração no estado de ebulição de transição.

A figura 7 ilustra uma relação entre a duração de resfriamento e o fluxo térmico. Como ilustrado na figura 7, uma duração de tempo na qual o fluxo térmico aumenta, indica um resfriamento no estado de ebulição de transição C, e uma duração de tempo, na qual o fluxo térmico diminui, indica um resfriamento no estado de ebulição nucleado B. Nota-se que, na região de resfriamento rápido, a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição é mais curta do que 20% da duração de resfriamento na região de resfriamento rápido. Subsequentemente, uma bobinadeira 3 bobina a tira de aço H, que é esfriada uniformemente a uma temperatura predeterminada.

Por ejeção da água de resfriamento, tendo a densidade de quantidade de água não inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , na superfície-alvo da tira de aço, usando o dispositivo de resfriamento rápido 20, a duração para resfriamento da tira de aço H no estado de ebulição de transição C pode ser reduzida, para que seja 20% da duração de resfriamento no dispositivo de resfriamen-

to rápido 20. Nesse caso, de acordo com as descobertas dos inventores, o desvio de temperatura na tira de aço H, antes de resfriamento pelo dispositivo de resfriamento 1, pode ser diminuído abaixo do desvio de temperatura na tira de aço H, após resfriamento pelo dispositivo de resfriamento 1. Portanto, mesmo se uma variação local na temperatura for gerada na tira de aço H, a distribuição de temperaturas na tira de aço H fica uniforme, em virtude da parte de alta temperatura esfriar rapidamente e a parte de temperatura mais baixa esfriar lentamente. Por conseguinte, a tira de aço H pode ser esfriada uniformemente. Além disso, um dispositivo de resfriamento 50 pode conduzir resfriamento com água, após passagem pela região de resfriamento rápido. Nesse caso, uma vez que a temperatura da tira de aço é diminuída a uma temperatura inferior a 450°C, o estado de resfriamento da tira de aço H é o estado de ebulição nucleado. Como explicado acima, na condição de estado de ebulição nucleado, o desvio de temperatura na tira de aço, antes do dispositivo de resfriamento 50 esfriar a tira de aço, pode ser igual ou menor do que o desvio de temperatura na tira de aço, antes que o dispositivo de resfriamento 50 esfrie a tira de aço.

Além disso, no dispositivo de resfriamento rápido 20, a densidade de quantidade de água da água de resfriamento é grande, isto é, não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Portanto, é possível diminuir a duração para resfriamento da tira de aço H no estado de ebulição nucleado B. Isso também possibilita reduzir o tamanho do dispositivo de resfriamento 1.

Ainda mais, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ejetar a água de resfriamento, em pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço no lado superior, com a pressão de impacto não inferior a 2 kPa. Nesse caso, a distribuição ou o fluxo da água de resfriamento na tira de aço H pode ser controlado uniformemente na superfície-alvo da tira de aço. Além disso, é possível purgar o filme de vapor formado na superfície-alvo da tira de aço por colisão direta da água de resfriamento na tira de aço H. Consequentemente, a tira de aço H pode ser ainda esfriada uniformemente.

Ainda mais, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ejetar a água de resfriamento em pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira

de aço no lado superior, com a velocidade de impacto não inferior a 20 m/s. Nesse caso, mesmo se a forma da tira de aço H deteriorar, a variação da velocidade de impacto da água de resfriamento, devido à influência da forma e da velocidade de alimentação, é pequena, desse modo, a influência da  
5 velocidade de alimentação pode ser eliminada. Conseqüentemente, a tira de aço H pode ser esfriada uniformemente. Nesse meio-tempo, uma vez que a presença de um desvio de temperatura local é uma causa importante da deterioração de forma, a presente invenção, que reduz o desvio de temperatura por diminuição da duração de resfriamento no estado de ebulição de transição C, também elimina a deterioração de forma.  
10

Além do mais, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ejetar a água de resfriamento no sentido da superfície-alvo da tira de aço, com o ângulo de impacto  $\beta$  não inferior a 75 graus e não superior a 90° com relação à direção horizontal. Nesse caso, cada seção de impacto de jato de  
15 aspersão de água 21a, na superfície-alvo da tira de aço, fica relativamente pequena, e isso possibilita uniformizar a pressão de impacto da água de resfriamento na seção de impacto de jato de aspersão de água 21a e aumentar o componente da velocidade na direção vertical, quando a água de resfriamento colide na tira de aço. Portanto, a pressão de impacto em toda a su-  
20 perfície-alvo da tira de aço pode ser aumentada uniformemente, com o que o resfriamento rápido da tira de aço H pode ser obtido uniformemente.

Além disso, os bocais de aspersão 22, que têm o mesmo desempenho de resfriamento equivalente àquele dos bocais de aspersão no lado da superfície superior 21, podem ser dispostos no lado inferior do dis-  
25 positivo de resfriamento rápido 20, isto é, os bocais de aspersão 22, que podem ejetar a água de resfriamento substancialmente nas mesmas condições, tal como na densidade de quantidade de água, na velocidade de impacto ou na pressão de impacto, daquelas dos bocais de aspersão 21, podem ser dispostos no lado inferior do dispositivo de resfriamento rápido 20.  
30 Nesse caso, é possível esfriar simultaneamente a superfície superior e a superfície inferior da tira de aço H. Isso possibilita esfriar efetivamente a tira de aço H em um tempo curto. Além disso, a diferença de temperatura entre

a superfície superior e a superfície inferior da tira de aço H pode ser diminuída, eliminando, desse modo, a deformação da tira de aço H, devido à fadiga térmica. Quando a diferença de temperatura, entre a superfície superior e a superfície inferior da tira de aço H, é grande, dependendo do tipo de aço, empenamento pode ocorrer, devido à fadiga térmica ou similar, deteriorando, desse modo, a capacidade de alimentação da tira de aço. No entanto, mesmo no caso de uso do tipo de aço, no qual o empenamento tende a ocorrer, o resfriamento uniforme da tira de aço pode ser obtido, sem provocar o empenamento, por ajuste do desempenho de resfriamento para resfriar a superfície superior a não menos do que 0,8 vez e não mais do que 1,2 vez do desempenho de resfriamento para resfriamento da superfície inferior. Para controlar o desempenho de resfriamento, a unidade de controle 30 pode ajustar a quantidade de suprimento da água de resfriamento. Nesse meio-tempo, apenas a superfície superior da tira de aço pode ser resfriada. Nesse caso, é possível evitar a difusão da água de resfriamento da superfície inferior, devido ao sopro da água de resfriamento do lado da superfície inferior, portanto, há uma vantagem pelo fato de que uma contramedida, para impedir a difusão da água de resfriamento para os sistemas elétricos, ou similares pode ser evitada.

Além do mais, o mecanismo de bloqueio de água no lado a jusante 23 e o mecanismo de bloqueio de água no lado a montante 26 podem ser dispostos, respectivamente, no lado a jusante e no lado a montante do dispositivo de resfriamento rápido 20. Nesse caso, a água de resfriamento, ejetada na superfície superior da tira de aço H, pelo dispositivo de resfriamento rápido 20, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ser impedido de escoar para o lado a montante e para o lado a jusante do dispositivo de resfriamento rápido 20. Isso possibilita impedir que a água de resfriamento escoie irregularmente na tira de aço H, obtendo-se, desse modo, o resfriamento uniforme. Além disso, o mecanismo de bloqueio de água no lado a jusante 23 e o mecanismo de bloqueio de água no lado a montante 26 podem incluir um cilindro de bloqueio de água 24 ou 27, além dos bocais de bloqueio de água 25, 28. Nesse caso, o bloqueio de água pode ser conduzi-

do com maior segurança.

Na concretização explicada acima, o dispositivo de resfriamento 10 inclui bocais laminares 11, mas, em vez dos bocais laminares, o dispositivo de resfriamento 10 pode incluir bocais de aspersão (não mostrados). Esses bocais de aspersão podem ser dispostos a intervalos maiores do que os intervalos dos bocais de aspersão 21 no dispositivo de resfriamento rápido 20. Ainda mais, a densidade de quantidade de água da água de resfriamento, ejetada dos bocais de aspersão no dispositivo de resfriamento 10, pode ser menor do que a densidade de quantidade de água da água de resfriamento dos bocais de aspersão 21 no dispositivo de resfriamento rápido 20.

Na concretização explicada acima, o dispositivo de resfriamento 10 ejetar a água de resfriamento na tira de aço H, mas em vez, ou além, dessa configuração, o dispositivo de resfriamento 10 pode resfriar a tira de aço H por ejeção de um gás (ar). Além disso, sem usar a água de resfriamento, a tira de aço H pode ser resfriada por colocação dela ao ar.

Até aqui, a concretização preferível da presente invenção foi descrita em detalhes com referência aos desenhos em anexo, mas a presente invenção não é limitada a esses exemplos, e, desse modo, qualquer pessoa, com um conhecimento comum no campo técnico da presente invenção, pode imaginar várias modificações dentro do âmbito técnico da presente invenção descrita nas reivindicações, e, portanto, essas modificações não devem ser consideradas como um desvio da presente invenção.

#### Exemplos

A seguir, os Exemplos 1 a 7 e os Exemplos Comparativos 1 a 3, usando um dispositivo de resfriamento 1, incluindo um dispositivo de resfriamento 10 e um dispositivo de resfriamento rápido 20, como ilustrados na figura 1, vão ser explicados. Nos Exemplos 1 a 7 e nos Exemplos Comparativos 1 a 3, os experimentos foram conduzidos proporcionando-se um laminador de acabamento 2, um dispositivo de resfriamento 1 e uma bobinadeira 3, nessa ordem, e, depois, resfriamento da tira de aço laminada a quente à temperatura predeterminada pelo dispositivo de resfriamento 1.

A Tabela 1 mostra as condições mútuas empregadas nos E-

xemplos 1 a 7 e nos Exemplos Comparativos 1 a 3, com relação ao laminador de acabamento 2 e ao dispositivo de resfriamento 1. Além disso, nos Exemplos 1 a 7 e nos Exemplos Comparativos 1 a 3, os experimentos foram conduzidos por variação das outras condições do dispositivo de resfriamento

5 rápido, como mostrado na Tabela 2. A "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" na Tabela 2 indica a razão da "duração de resfriamento, na qual uma parte da tira de aço é resfriada no estado de ebulição de transição B" para "a duração de resfriamento, na qual a parte da tira de aço é resfriada pelo dispositivo de resfriamento rápido".

10 Depois, comparação do desvio de temperatura, antes do resfriamento da tira de aço pelo dispositivo de resfriamento rápido, e o desvio de temperatura, depois do resfriamento da tira de aço pelo dispositivo de resfriamento rápido, para avaliar o efeito de resfriamento da tira de aço, as razões do "Desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes de resfriamento"

15 são obtidas como indicado na Tabela 2. Todas as temperaturas da tira de aço, antes e depois do resfriamento rápido, são medidas por uso de um termômetro de radiação, como um termômetro do tipo de não contato. A temperatura, antes do resfriamento rápido, foi obtida por medida das temperaturas da tira de aço, em 5 pontos ao longo da direção da largura da tira de aço,

20 a intervalos constantes, no lado a montante da seção de impacto de jato de aspersão, disposta no lado a montante a 50 cm, e depois, cálculo da temperatura média. Além disso, a temperatura, após o resfriamento rápido, foi obtida por medida das temperaturas em 5 pontos da tira de aço, ao longo da direção da largura da tira de aço, a intervalos constantes, no lado a jusante

25 da seção de impacto de jato de aspersão, disposta no lado mais a jusante a 50 cm, como uma parte na qual a temperatura de recuperação fica constante, e, depois, cálculo da temperatura média. Os resultados de avaliação dos Exemplos 1 a 3 e dos Exemplos Comparativos 1 a 3 são indicados em um gráfico nas figuras 8A e 8B. Nas figuras 8A e 8B, apenas os dados dos Exemplos 1 a 3, que são exemplos representativos da presente invenção, entre os Exemplos 1 a 7, são representados no gráfico.

30

Tabela 1

Acabamento de laminação					Dispositivo de resfriamento						
					Dispositivo de resfriamento			Dispositivo de resfriamento rápido			
Temperatura de saída	Desvio de temperatura da tira de aço	Espessura da tira de aço	Velocidade de alimentação da tira de aço	Tipo de bico	Densidade da água média de resfriamento	Bico de resfriamento	Peso de bico	Pressão da água	Temperatura final de resfriamento	Drenagem de lado à montante	Drenagem de lado à jusante
°C	°C	mm	m/sec	-	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /min	-	mm	MPa	°C	-	-
940	22	3	10	Bico laminar	1.0	Tipo de grão cheio	1000	0,6	420	Uso	Uso

Tabela 2

Item	Dispositivo de resfriamento rápido											
	Ângulo de espalhamento	Velocidade de impacto	Pressão de impacto	Razão de área de impacto	Superfície alvo	Temperatura de início de resfriamento	Desvio de temperatura na tira de aço antes do resfriamento	Densidade de quantidade de água de resfriamento	Razão de duração para o resfriamento de estado de transição de ebulição	Desvio de temperatura na tira de aço após o resfriamento	Duração de resfriamento	Desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes do resfriamento
Unidade	grau	m/sec	kPa	%	-	°C	°C	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /min	-	°C	Seg.	-
Ex. 1	15	20	2	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	4.0	19%	19.8	0.21	0.99
Ex. 2	15	20	3	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	6.0	17%	16.8	0.16	0.84
Ex. 3	15	20	4	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	10.0	14%	15.5	0.13	0.78
Ex. 4	15	20	2	90	Superfícies superior e inferior	620	20.0	4.0	19%	19.6	0.20	0.98
Ex. 5	13	20	2	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	4.0	19%	19.5	0.20	0.98
Ex. 6	15	25	2	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	4.0	19%	19.7	0.21	0.99
Ex. 7	15	20	2	80	Superfícies superior	620	20.0	4.0	10%	14.5	0.38	0.73
Ex. Comp. 1	15	20	1,7	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	3.5	23%	27.5	0.23	1.38
Ex. Comp. 2	15	20	1,5	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	3.0	24%	32.7	0.25	1.64
Ex. Comp. 3	15	20	1	80	Superfícies superior e inferior	620	20.0	2.0	35%	62.5	0.28	3.13

Com referência à Tabela 2 e às figuras 8A e 8B, em todos os Exemplos Comparativos 1 a 3, a "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" não foi inferior a 20%, e o "desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes de resfriamento" foi superior a 1. Por outro lado, em todos os Exemplos 1 a 7, a "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" foi inferior a 20%, e o "desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes de resfriamento" não foi superior a 1. Isto é, confirmou-se que se "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" for inferior a 20%, o desvio de temperatura na tira de aço, antes de resfriamento, fica pequeno após o resfriamento. Além disso, a "densidade de quantidade de água" em todos os Exemplos Comparativos 1 a 3 foi inferior a 3,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, e o "desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes de resfriamento" foi superior a 1. Por outro lado, a "densidade de quantidade de água" em todos os Exemplos 1 a 7 não foi inferior a 4,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, e "desvio de temperatura após resfriamento / desvio de temperatura antes de resfriamento" não foi superior a 1. Conseqüentemente, confirmou-se que, quando a água de resfriamento tem a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, como na presente invenção, é possível diminuir a "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" a menos de 20%, com o que o desvio de temperatura na tira de aço, antes do resfriamento, pode ser diminuído após o resfriamento.

Como explicado acima, de acordo com o método de resfriamento na presente invenção, mesmo se a tira de aço incluir um desvio de temperatura, a tira de aço pode ser resfriada sem aumentar o desvio de temperatura. Além disso, uma vez que o resfriamento uniforme da tira de aço pode ser obtido, a tira de aço, que é uniforme em termos do material de aço, pode ser também obtida.

Os Exemplos Comparativos 1 a 3 confirmaram que quando a pressão de impacto da água de resfriamento, com relação à tira de aço, é mantida grande, e a densidade de quantidade de água é mantida grande, o desvio de temperatura na tira de aço, antes de resfriamento, pode ser dimi-

ruído ainda mais, após o resfriamento.

Além disso, a comparação dos Exemplos 1 e 4 confirmou que quando a área de impacto da água de resfriamento para a tira de aço é grande, o desvio de temperatura na tira de aço, antes do resfriamento, pode ser diminuído ainda mais, após o resfriamento.

Ainda mais, a comparação dos Exemplos 1 e 5 confirmou que quando o ângulo de difusão da água de resfriamento, ejetada do bocal de resfriamento do dispositivo de resfriamento rápido, é pequeno, o desvio de temperatura na tira de aço, antes do resfriamento, pode ser diminuído ainda mais, após o resfriamento.

Ainda mais, com referência aos Exemplos 1 e 6, confirmou-se que quando a velocidade de impacto da água de resfriamento, com relação à tira de aço, é aumentada, o desvio de temperatura na tira de aço, antes do resfriamento pode ser aumentado ainda mais, após o resfriamento.

Ainda mais, com referência ao Exemplo 7, confirmou-se que, mesmo quando a água de resfriamento é ejetada apenas na superfície superior da tira de aço, no dispositivo de resfriamento rápido quando a "Razão de duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição" é inferior a 20%, o desvio de temperatura na tira de aço antes do resfriamento pode ser diminuído ainda mais, após o resfriamento.

Os exemplos e concretizações apresentados acima são meramente exemplos da concretização, para realização da presente invenção, e a amplitude técnica da presente invenção não deve ser limitada apenas a esses exemplos. Isto é, a presente invenção pode ser conduzida em várias concretizações, sem prejudicar a ideia técnica ou os aspectos principais.

#### APLICABILIDADE INDUSTRIAL

A presente invenção é útil para um método de resfriamento e um dispositivo de resfriamento, que esfriam tiras de aço laminadas a quente, após laminação de acabamento.

#### LISTAGEM DOS SÍMBOLOS DE REFERÊNCIA

1: dispositivo de resfriamento

2: laminador de acabamento

- 3: bobinadeira
- 4: mesa de saída
- 4a: laminador de mesa
- 10: dispositivo de resfriamento
- 5 11: bocal laminar
- 20: dispositivo de resfriamento rápido
- 21: bocal de aspersão (lado da superfície superior)
- 21a: seção de impacto de jato de aspersão
- 22: bocal de aspersão (lado da superfície inferior)
- 10 23: mecanismo de bloqueio de água (lado a jusante)
- 24: cilindro de bloqueio de água (lado a jusante)
- 25: bocal de bloqueio de água (lado a jusante)
- 26: mecanismo de bloqueio de água (lado a montante)
- 27: cilindro de bloqueio de água (lado a montante)
- 15 28: bocal de bloqueio de água (lado a montante)
- 30: unidade de controle
- 50: dispositivo de resfriamento adicional
- A: estado de ebulição de filme
- B: estado de ebulição nucleado
- 20 C: estado de ebulição de transição
- H: tira de aço

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente, que passou por uma laminação de acabamento, compreendendo:

5 resfriamento de uma superfície-alvo da tira de aço laminada a quente, a partir de uma primeira temperatura não inferior a 600°C e não superior a 650°C a uma segunda temperatura não superior a 450°C, com água de resfriamento em uma densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, em que

10 com relação à área da superfície-alvo, a área de uma parte, onde uma pluralidade de jatos de aspensão da água de resfriamento colide diretamente na superfície-alvo, é pelo menos 80%.

2. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 1, em que a água de resfriamento é ejetada de modo que ela colida na superfície-alvo com velocidade não inferior a 20 m/s.

3. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a água de resfriamento é ejetada de modo que ela colida na superfície-alvo com uma pressão não inferior a 2 kPa.

20 4. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a água de resfriamento é ejetada em uma forma substancialmente cônica, e o ângulo de impacto da água de resfriamento com a superfície-alvo não é inferior a 75 graus e não superior a 90 graus, quando visto da direção de laminação da tira de aço.

25 5. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que a água de resfriamento, que escoar em uma superfície superior da tira de aço laminada a quente, é bloqueada em um lado a montante, de uma posição na qual se inicia um suprimento de água de resfriamento, e a água de resfriamento, que escoar na superfície superior da tira de aço laminada a quente, é bloqueada em um lado a jusante, de uma posição onde o suprimento da água de resfriamento acaba.

6. Método de resfriamento da tira de aço laminada a quente, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que:

uma superfície superior e uma superfície inferior da tira de aço laminada a quente são esfriadas; e

5 um resfriamento rápido é conduzido por controle de um desempenho de resfriamento para a superfície superior da tira de aço laminada a quente, para que não seja inferior a 0,8 vez e não superior a 1,2 vez um desempenho de resfriamento para a superfície inferior da tira de aço laminada a quente.

10 7. Método de resfriamento de uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 1 ou 2, em que apenas uma superfície superior da tira de aço laminada a quente é resfriada.

8. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente, que passou por uma laminação de acabamento, o dispositivo de resfriamento compreendendo um dispositivo de resfriamento rápido, que esfria uma superfície-alvo da tira de aço laminada a quente, de uma primeira temperatura não inferior a 600°C e não superior a 650°C a uma segunda temperatura não superior a 450°C, com água de resfriamento tendo a densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, em que

20 com relação a uma área da superfície-alvo, a área de uma parte, na qual uma pluralidade de jatos de aspersão da água de resfriamento colide diretamente na superfície-alvo, é pelo menos 80%.

9. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8, em que o dispositivo de resfriamento rápido compreende uma pluralidade de bocas de aspersão, que ejetam a água de resfriamento, a pluralidade de bocais de aspersão ejetando a água de resfriamento, de modo que ela colida na superfície-alvo com velocidade não inferior a 20 m/s.

30 10. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que o dispositivo de resfriamento rápido inclui uma pluralidade de bocas de aspersão que eje-

tam a água de resfriamento, a pluralidade de bocais de aspersão ejetando a água de resfriamento, de modo que ela colida na superfície-alvo com uma pressão não inferior a 2 kPa.

5 11. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que cada um da pluralidade de bocais de aspersão ejeta água de resfriamento em uma forma substancialmente cônica, e o ângulo de impacto da água de resfriamento com a superfície-alvo não é inferior a 75 graus e não superior a 90 graus, quando visto da direção de laminação da tira de aço.

10 12. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8 ou 9, compreendendo ainda:  
um primeiro mecanismo de bloqueio de água, que bloqueia a água de resfriamento, que escoar em uma superfície superior da tira de aço laminada a quente, de uma posição na qual se inicia um suprimento de água  
15 de resfriamento; e

um segundo mecanismo de bloqueio de água de resfriamento, que bloqueia a água de resfriamento, que escoar na superfície superior da tira de aço laminada a quente, no lado a jusante, de uma posição na qual o suprimento da água de resfriamento acaba.

20 13. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 12, em que:

o primeiro mecanismo de bloqueio de água compreende um primeiro bocal de bloqueio de água, que ejeta a água de bloqueio para o lado a montante, da superfície-alvo; e

25 o segundo mecanismo de bloqueio de água compreende um segundo bocal de bloqueio de água, que ejeta a água de bloqueio para o lado a jusante da superfície-alvo.

14. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 13, em que:

30 o primeiro mecanismo de bloqueio de água compreende um primeiro cilindro de bloqueio de água, proporcionado no lado a jusante do primeiro bocal de bloqueio de água; e

o segundo mecanismo de bloqueio de água compreende um segundo cilindro de bloqueio de água, proporcionado no lado a montante do segundo bocal de bloqueio de água.

5        15. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que o dispositivo de resfriamento rápido esfria apenas uma superfície superior da tira de aço laminada a quente.

10        16. Dispositivo de resfriamento que esfria uma tira de aço laminada a quente de acordo com a reivindicação 8 ou 9, em que:

o dispositivo de resfriamento rápido esfria uma superfície superior e uma superfície inferior da tira de aço laminada a quente; e

um desempenho de resfriamento para a superfície superior da tira de aço laminada a quente não é inferior a 0,8 vez e não superior a 1,2 vez de um desempenho de resfriamento para a superfície inferior da tira de aço laminada a quente.

15

FIG. 1

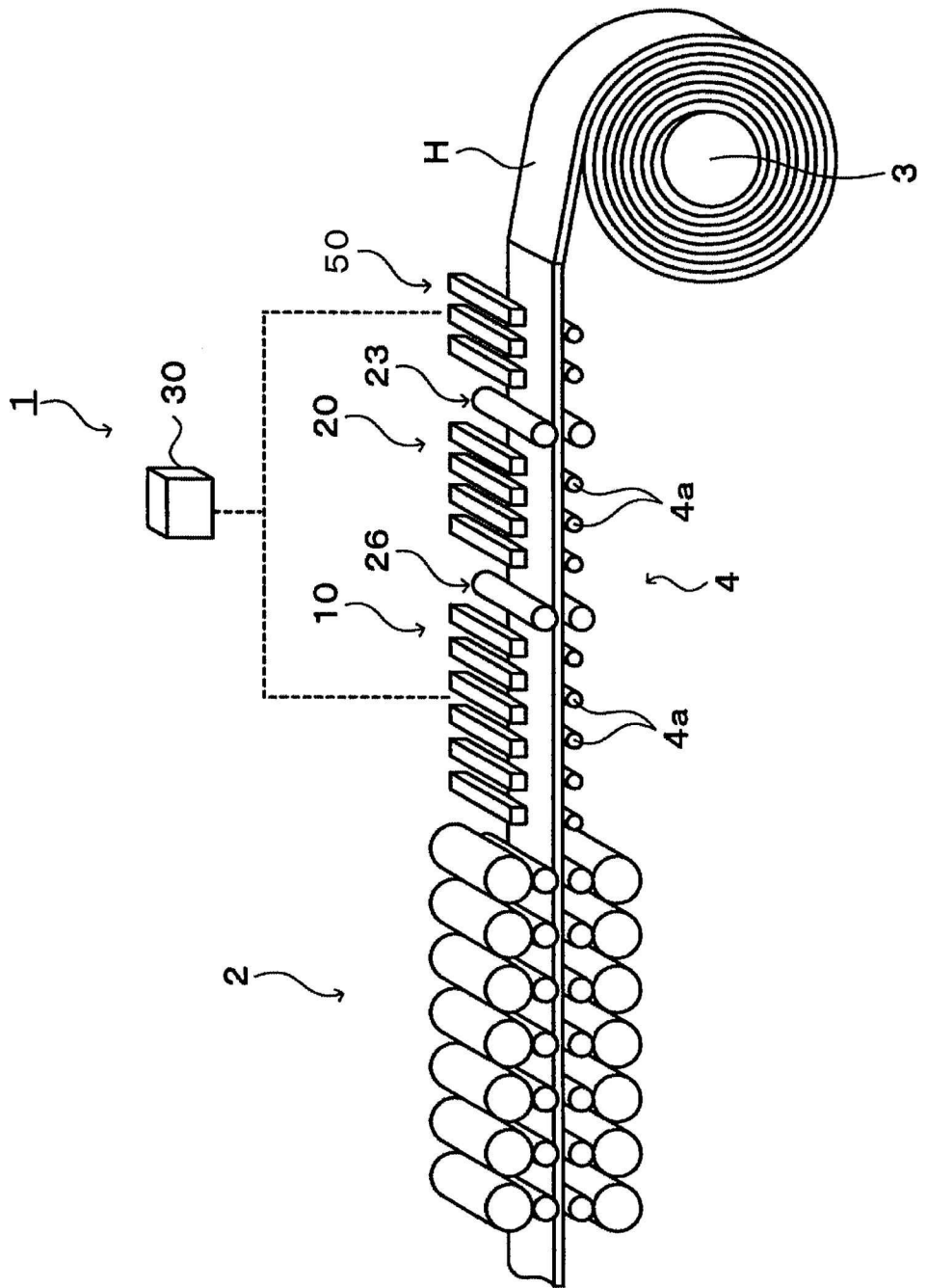


FIG. 2

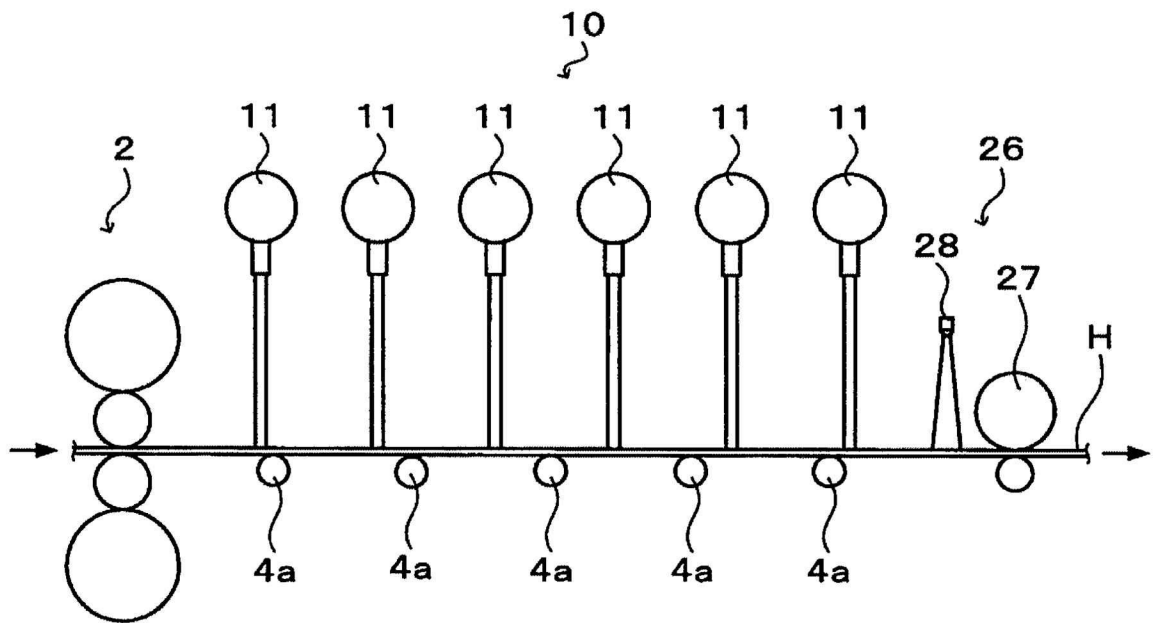


FIG. 3

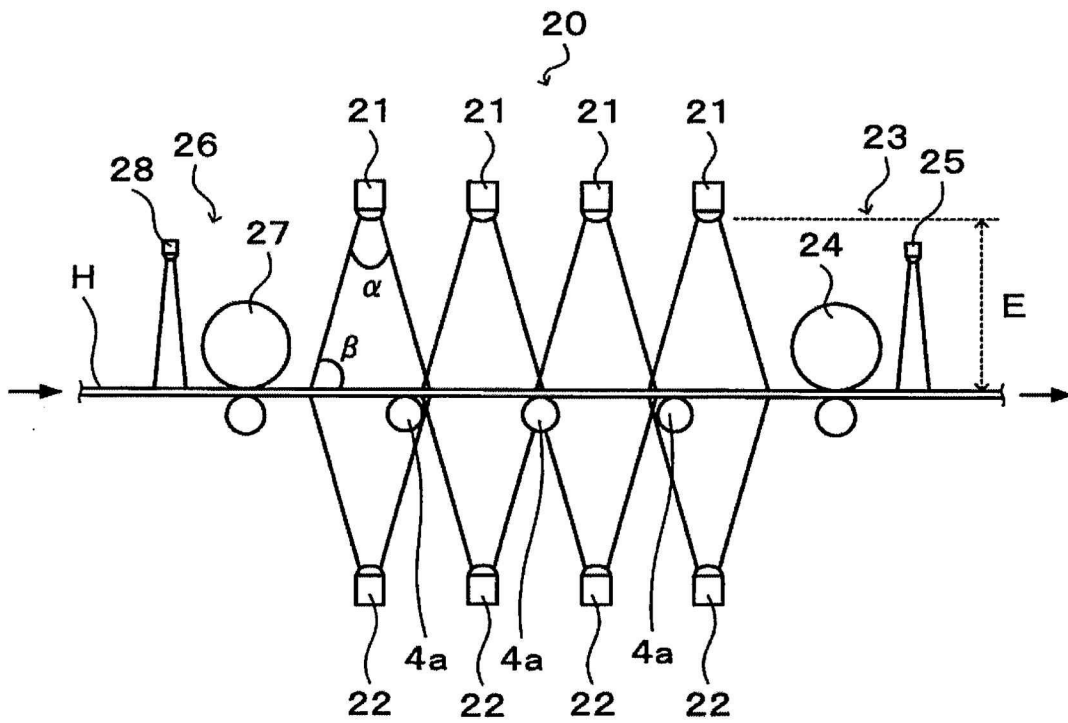


FIG. 4A

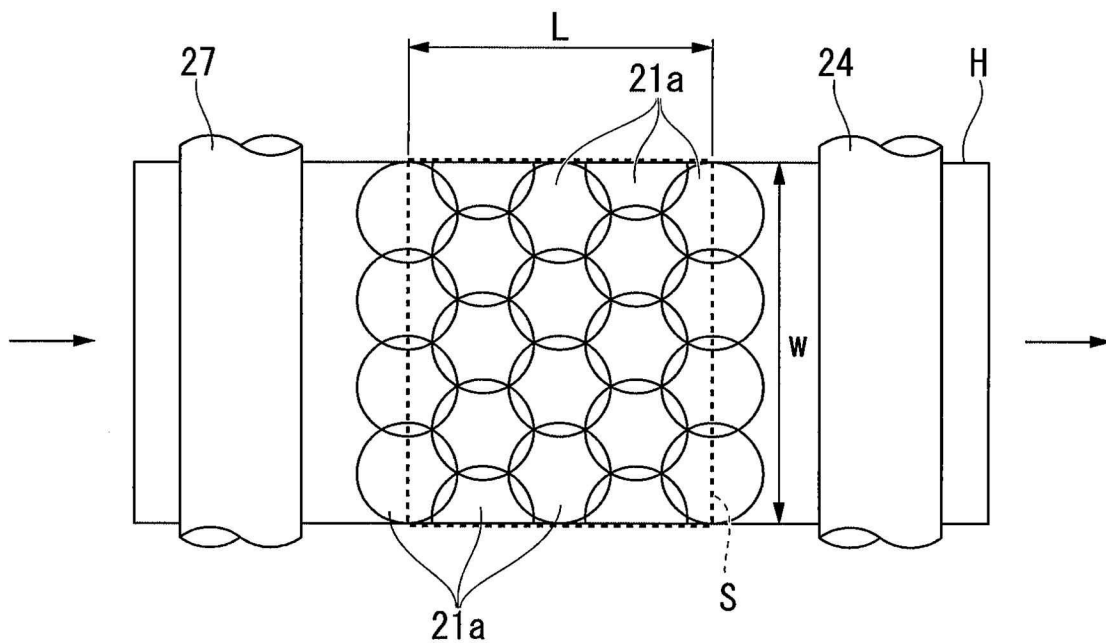


FIG. 4B

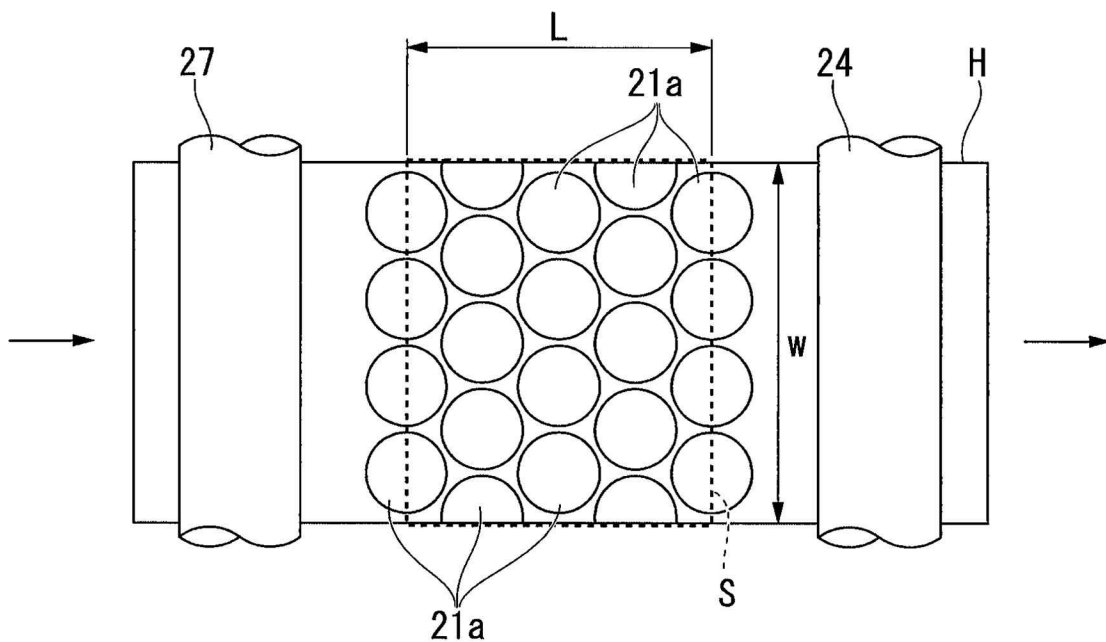


FIG. 5

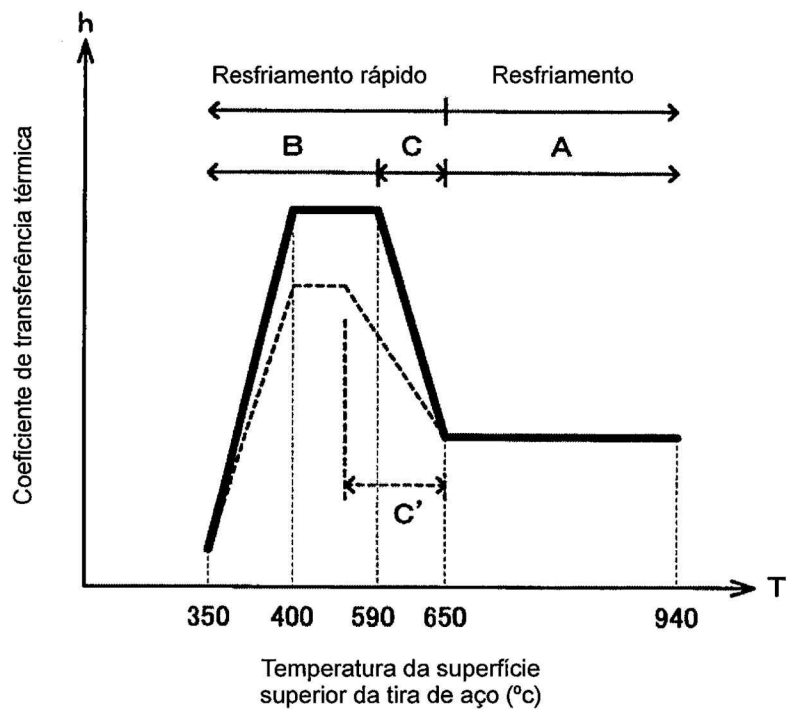


FIG. 6

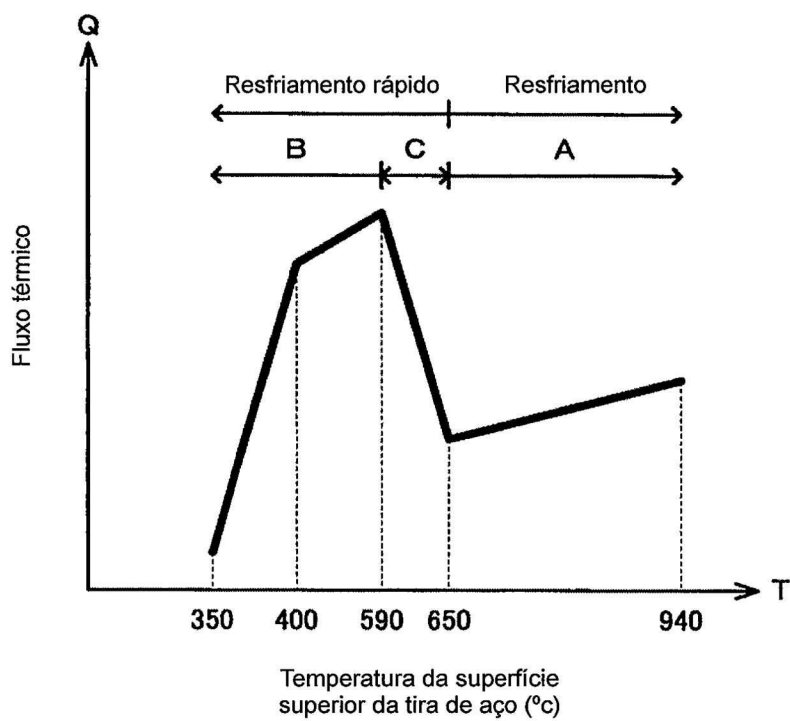


FIG. 7

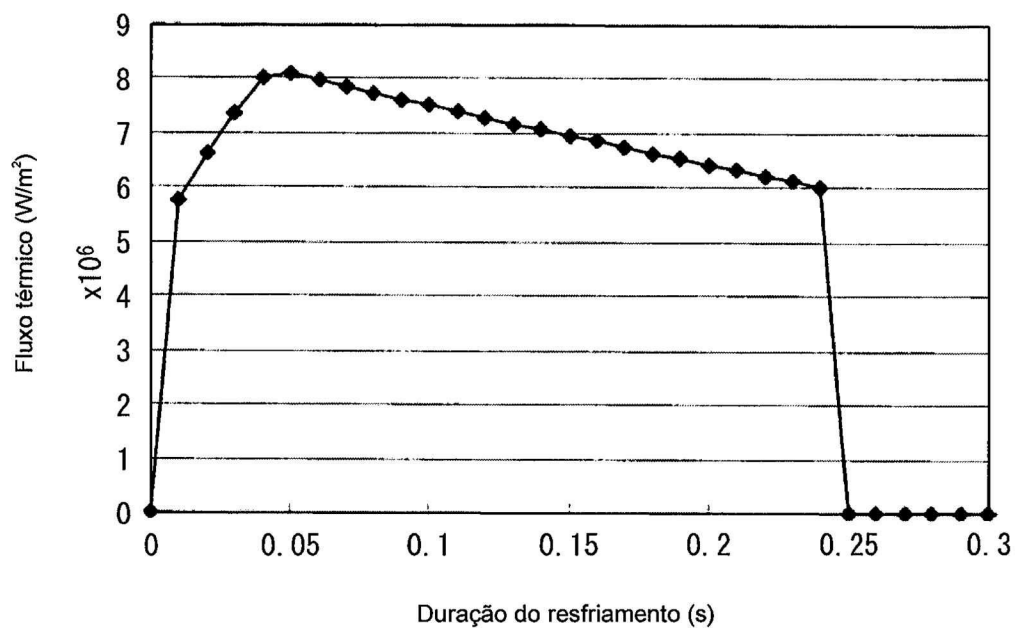


FIG. 8A

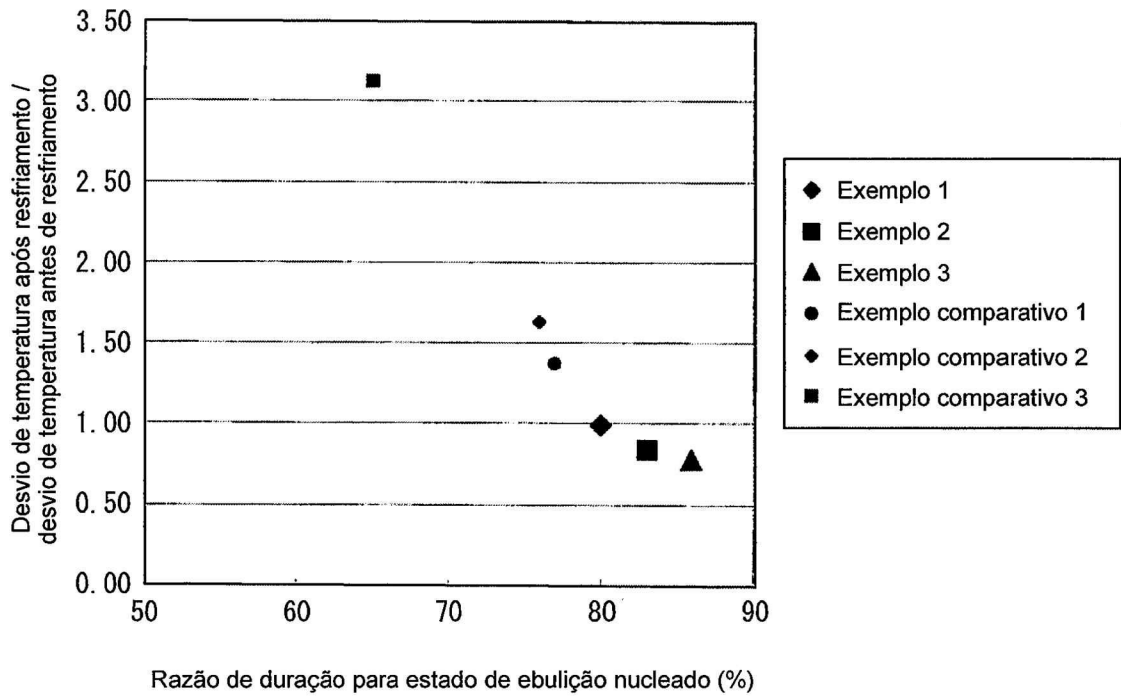


FIG. 8B

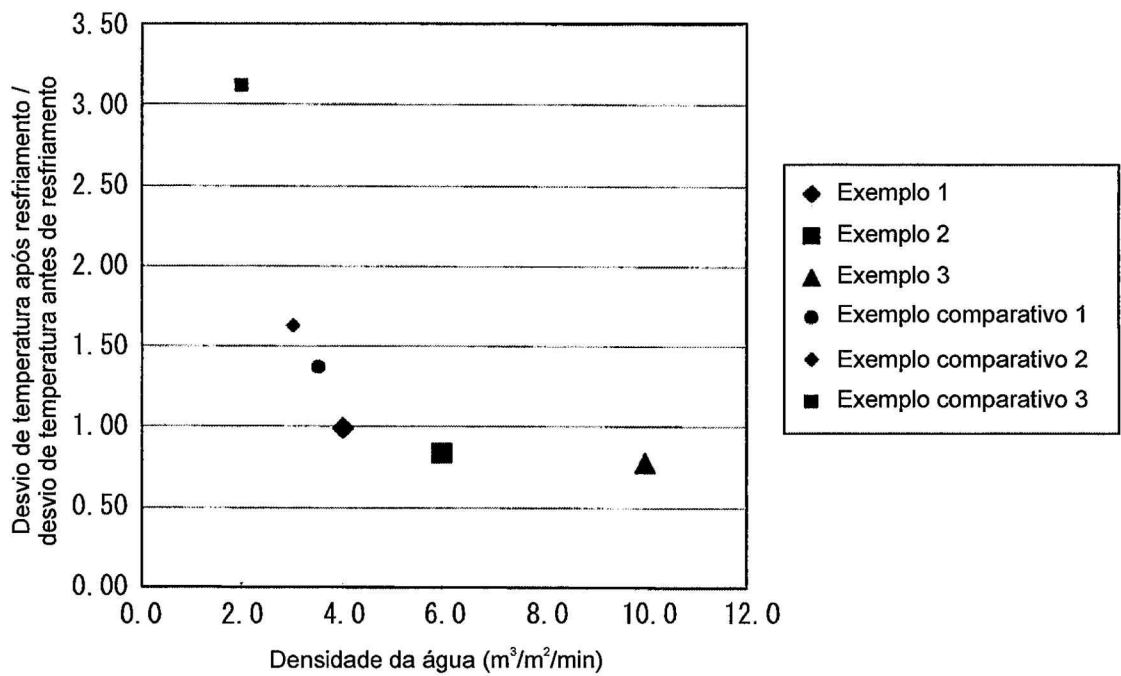


FIG. 9

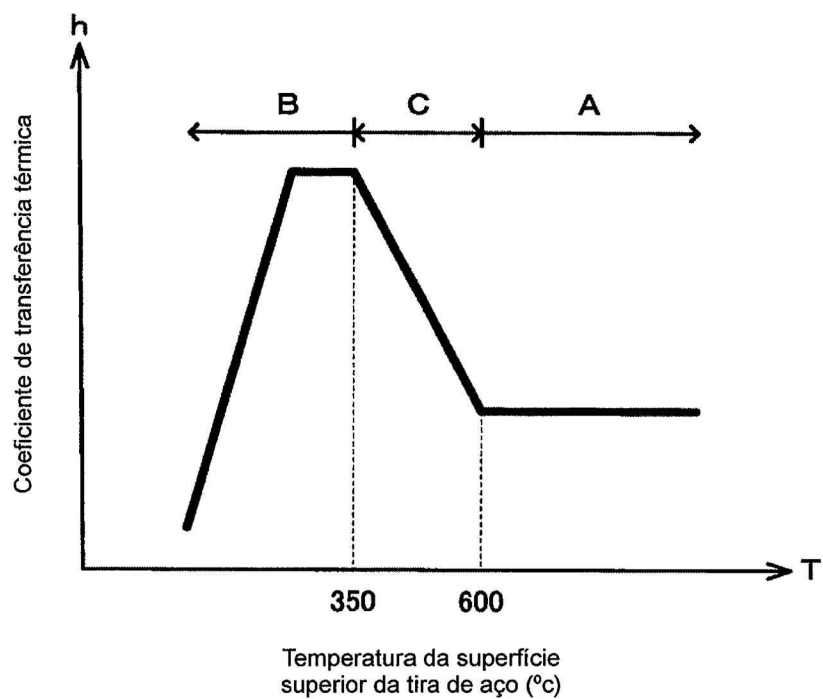
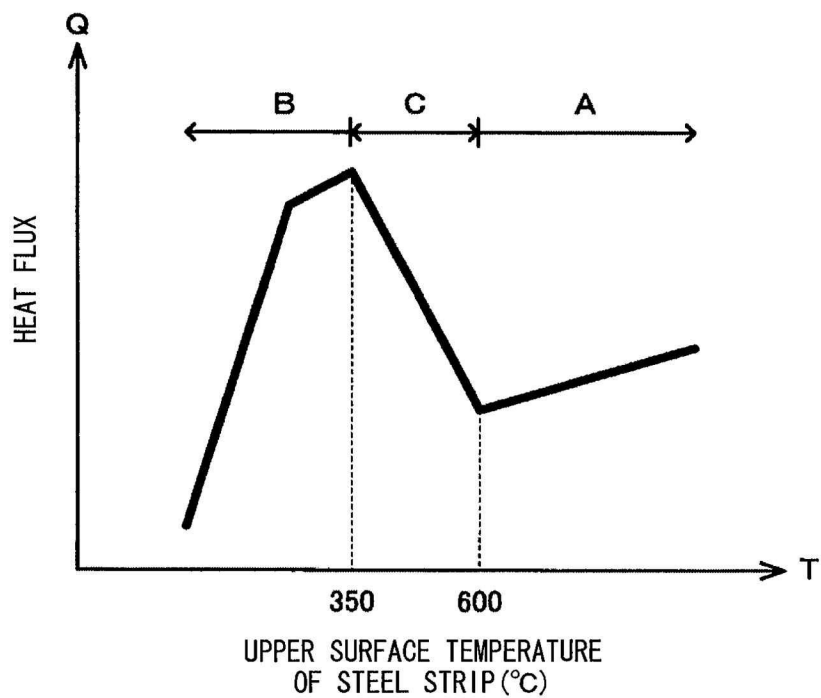


FIG. 10



**RESUMO**

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE RESFRIAMENTO E DISPOSITIVO DE RESFRIAMENTO DE TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE"**.

A presente invenção refere-se a um método de resfriamento de  
5 uma tira de aço laminada a quente, que passou por uma laminação de aca-  
bamento, incluindo: resfriar a tira de aço laminada a quente a partir de uma  
primeira temperatura não inferior a 600°C e não superior a 650°C a uma se-  
gunda temperatura não superior a 450°C, com água de resfriamento tendo a  
densidade de quantidade de água não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min e não superior  
10 a 10 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, em que com relação à área da superfície-alvo, a área de  
uma parte, onde uma pluralidade de jatos de aspensão da água de resfria-  
mento colide diretamente na superfície-alvo, é pelo menos 80%.

de a aumentar. No entanto, como descrito acima, a duração de resfriamento no estado de ebulição de transição C é curta, isto é, mais curta do que 20% da duração para resfriamento da tira de aço H na região de resfriamento rápido. Por conseguinte, ainda que a superfície da tira de aço H seja rapidamente resfriada no estado de ebulição de transição C, o desvio de temperatura vai aumentar nas vizinhanças da superfície, e, desse modo, o grau de resfriamento na tira de aço, no estado de ebulição de transição, é pequeno, uma vez que a condução térmica da parte interna é pequena.

Depois, como ilustrado na figura 6, a tira de aço é esfriada no estado de ebulição nucleado B. No estado de ebulição nucleado, como no estado de ebulição de filme A, o fluxo térmico  $Q$  diminui na medida em que a temperatura superficial da tira de aço H diminui, portanto, com a redução da temperatura da tira de aço, o desvio de temperatura na tira de aço H diminui. Além disso, uma vez que o fluxo térmico no resfriamento é grande e a duração de resfriamento é longa, a condução térmica da parte interna da tira de aço H é grande, com que a tira de aço pode ser esfriada rapidamente.

Por conseguinte, o desvio de temperatura é eliminado, por causa da curta duração no estado de ebulição de transição.

A figura 7 ilustra uma relação entre a duração de resfriamento e o fluxo térmico. Como ilustrado na figura 7, uma duração de tempo na qual o fluxo térmico aumenta, indica um resfriamento no estado de ebulição de transição C, e uma duração de tempo, na qual o fluxo térmico diminui, indica um resfriamento no estado de ebulição nucleado B. Nota-se que, na região de resfriamento rápido, a duração para o resfriamento no estado de ebulição de transição é mais curta do que 20% da duração de resfriamento na região de resfriamento rápido. Subsequentemente, uma bobinadeira 3 bobina a tira de aço H, que é esfriada uniformemente a uma temperatura predeterminada.

Por ejeção da água de resfriamento, tendo a densidade de quantidade de água não inferior a  $4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ , na superfície-alvo da tira de aço, usando o dispositivo de resfriamento rápido 20, a duração para resfriamento da tira de aço H no estado de ebulição de transição C pode ser reduzida, para que seja 20% da duração de resfriamento no dispositivo de resfriamen-

to rápido 20. Nesse caso, de acordo com as descobertas dos inventores, o desvio de temperatura na tira de aço H, após o resfriamento pelo dispositivo de resfriamento 1, pode ser diminuído abaixo do desvio de temperatura na tira de aço H, antes do resfriamento pelo dispositivo de resfriamento 1. Portanto, mesmo se uma variação local na temperatura for gerada na tira de aço H, a distribuição de temperaturas na tira de aço H fica uniforme, em virtude da parte de alta temperatura esfriar rapidamente e a parte de temperatura mais baixa esfriar lentamente. Por conseguinte, a tira de aço H pode ser esfriada uniformemente. Além disso, um dispositivo de resfriamento 50 pode conduzir resfriamento com água, após passagem pela região de resfriamento rápido. Nesse caso, uma vez que a temperatura da tira de aço é diminuída a uma temperatura inferior a 450°C, o estado de resfriamento da tira de aço H é o estado de ebulição nucleado. Como explicado acima, na condição de estado de ebulição nucleado, o desvio de temperatura na tira de aço, após o dispositivo de resfriamento 50 esfriar a tira de aço, pode ser igual ou menor do que o desvio de temperatura na tira de aço, antes que o dispositivo de resfriamento 50 esfrie a tira de aço.

Além disso, no dispositivo de resfriamento rápido 20, a densidade de quantidade de água da água de resfriamento é grande, isto é, não inferior a 4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Portanto, é possível diminuir a duração para resfriamento da tira de aço H no estado de ebulição nucleado B. Isso também possibilita reduzir o tamanho do dispositivo de resfriamento 1.

Ainda mais, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ejetar a água de resfriamento, em pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira de aço no lado superior, com a pressão de impacto não inferior a 2 kPa. Nesse caso, a distribuição ou o fluxo da água de resfriamento na tira de aço H pode ser controlado uniformemente na superfície-alvo da tira de aço. Além disso, é possível purgar o filme de vapor formado na superfície-alvo da tira de aço por colisão direta da água de resfriamento na tira de aço H. Consequentemente, a tira de aço H pode ser ainda esfriada uniformemente.

Ainda mais, o dispositivo de resfriamento rápido 20 pode ejetar a água de resfriamento em pelo menos 80% da área da superfície-alvo da tira