



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

**(11) BR 112012004729-9 B1**



**(22) Data do Depósito: 16/12/2010**

**(45) Data de Concessão: 20/07/2021**

**(54) Título:** MÉTODO PARA RESFRIAR UMA TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE

**(51) Int.Cl.:** B21B 45/02; B21B 1/26; B21B 37/00; B21B 37/76.

**(30) Prioridade Unionista:** 16/12/2009 JP 2009-285121.

**(73) Titular(es):** NIPPON STEEL CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** ISAO YOSHII; NORIYUKI HISHINUMA; YOSHIYUKI FURUKAWA; SATORU ISHIHARA.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2010072639 de 16/12/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2011/074632 de 23/06/2011

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 01/03/2012

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA RESFRIAR UMA TIRA DE AÇO ROLADA A QUENTE. A invenção refere-se a um método para resfriar uma tira de aço rolada a quente após uma rolagem de acabamento na qual uma velocidade de transporte varia, o método incluindo: ajustar uma programação de mudança de velocidade de transporte com base em uma temperatura de uma tira de aço antes da rolagem de acabamento e uma condição de rolagem de acabamento; executar um primeiro resfriamento no qual a tira de aço rolada a quente é resfriada sob um estado de ebulição de filme em uma primeira seção de resfriamento; executar um segundo resfriamento no qual a tira de aço rolada a quente é resfriada sob um estado de ebulição de filme em uma segunda seção de resfriamento; e bobinar a tira de aço rolada a quente em que uma condição de resfriamento é controlada no primeiro resfriamento de modo a satisfazer  $0,8 < \frac{T_2 - T_{2a}}{\Delta T_x} \leq 1,2$ .

**Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO PARA RESFRIAR UMA TIRA DE AÇO LAMINADA A QUENTE".  
CAMPO DA TÉCNICA**

[0001] A presente invenção refere-se a um método para resfriar uma tira de aço laminada a quente.

[0002] O presente pedido reivindica prioridade com base no Pedido de Patente Japonesa Número 2009-285121 depositado no Japão em 16 de Dezembro de 2009, o conteúdo do qual está aqui incorporado por referência.

**FUNDAMENTOS DA TÉCNICA**

[0003] Em um processo de laminação a quente, uma tira de aço laminada a quente a qual passou através de um processo de laminação de acabamento (daqui em diante, também referida como "tira de aço") é transportada de um laminador de laminação de acabamento para um bobinador inferior. Durante este transporte a tira de aço é resfriada para uma temperatura predeterminada por meio de um dispositivo de resfriamento formado por unidades de resfriamento plurais e então, é bobinada pelo bobinador inferior. No momento de rolar a quente a tira de aço, o modo de resfriamento da tira de aço após passar através do processo de laminação de acabamento para o bobinamento é um fator importante na determinação de propriedades mecânicas da tira de aço. Em geral, a tira de aço é resfriada, por exemplo, utilizando água como um meio de resfriamento (daqui em diante, também referida como "água de resfriamento"). Em anos recentes, o resfriamento é executado em uma faixa de alta temperatura em uma alta velocidade de resfriamento (daqui em diante, também referido "resfriamento rápido"), para o propósito de manter a trabalhabilidade e a resistência mais do que ou igual àquelas da tira de aço convencional enquanto reduzindo elementos adicionais tais como o manganês na tira de aço. Ainda, do ponto de vista de manter a uniformidade de resfriamento, é

conhecido um método de resfriamento, o qual evita o resfriamento em um estado de ebulação de transição, o que é um fator primário de não uniformidade no resfriamento, tanto quanto possível, e emprega um resfriamento em um estado de ebulação de nucleado, sob o qual uma capacidade de resfriamento estável pode ser obtida. Em geral, o resfriamento no estado de ebulação de nucleado é o resfriamento rápido.

[0004] No processo de laminação de acabamento, uma laminação acelerada e uma laminação desacelerada são amplamente empregadas. Uma velocidade de transporte da tira de aço no lado de saída do laminador de laminação de acabamento é igual a uma velocidade de transporte até o bobinador inferior, e a tira de aço é resfriada em um estado onde a velocidade de transporte muda. Portanto, em geral, quando a tira de aço laminada a quente é resfriada utilizando o resfriamento rápido, o comprimento de resfriamento e a densidade de quantidade de água da água de resfriamento são mudados de acordo com um aumento ou uma diminuição na velocidade de transporte da tira de aço, de modo a atingir uma temperatura de bobinamento alvo da tira de aço. Por exemplo, o Documento de Patente 1 descreve um método para resfriar no qual, após a laminação de laminação de acabamento final, o comprimento da zona de resfriamento é ajustado de acordo com um aumento ou uma diminuição na velocidade de laminação de uma placa de aço laminada a quente de modo que a quantidade de diminuição em temperatura da placa de aço seja constante dentro da placa de aço. Este método inclui: uma etapa de resfriamento rápido de resfriar rapidamente a placa de aço sob uma condição de uma densidade de quantidade de água de 1000 L/min/m<sup>2</sup> ou mais; e uma etapa de resfriamento lento de resfriar lentamente a placa de aço laminada a quente após a etapa de resfriamento rápido de modo que a placa de aço seja bobinada a uma temperatura de bobinamento predeterminada da placa de aço.

[0005] Ainda, o Documento de Patente 2 descreve uma técnica na qual uma água de resfriamento com uma densidade de quantidade de água de  $2,0 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$  ou mais é suprida, e o comprimento de uma zona de resfriamento é ajustado comutando LIGADO - DESLIGADO independentemente cada cabeçote de resfriamento de um primeiro grupo de cabeçotes de resfriamento e um segundo grupo de cabeçotes de resfriamento de acordo com um aumento na velocidade de transporte.

## **DOCUMENTO DA TÉCNICA RELATIVA**

### **DOCUMENTOS DE PATENTE**

[0006] Documento de Patente 1: Pedido de Patente Japonesa Não Examinado, Primeira Publicação Número 2008-290156

[0007] Documento de Patente 2: Publicação de Patente Japonesa Número 4449991

### **DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO**

### **PROBLEMAS A SEREM RESOLVIDOS PELA INVENÇÃO**

[0008] No entanto, com a invenção descrita no Documento de Patente 1, foi descoberto que, no caso onde o comprimento de resfriamento executado pelo dispositivo de resfriamento foi mudado de acordo com uma mudança na velocidade de transporte da tira de aço laminada a quente, por exemplo, controlando a abertura e o fechamento de válvulas providas no dispositivo de resfriamento, a quantidade de resfriamento da tira de aço mudou grandemente de acordo com um aumento ou uma diminuição no comprimento de resfriamento, fazendo com que a temperatura da tira de aço após o resfriamento rápido mudasse significativamente. Portanto, mesmo se o suprimento de água for controlado no processo de resfriamento posterior, os desvios das temperaturas da tira de aço que ocorrem no processo de resfriamento rápido não podem ser impedidos, por meio de que é extremamente difícil controlar a temperatura de bobinamento da tira de aço dentro da faixa alvo da temperatura da tira de aço.

[0009] Ainda, foi também descoberto que, no caso onde parte do processo de resfriamento rápido foi executado com resfriamento de ar no momento quando o suprimento de água foi controlado no processo de resfriamento rápido, por exemplo, fechando algumas das válvulas para o suprimento da água de resfriamento, a água de resfriamento entrou na área resfriada a ar de outra área de suprimento de água, o que é um fator principal em causar uma não uniformidade de resfriamento. Pode ser possível resolver o problema acima descrito, por exemplo, aumentando o número de unidades de drenagem no dispositivo de resfriamento para impedir que água de resfriamento entre na área a ser resfriada a ar. No entanto, no caso de resfriamento rápido que requer uma grande quantidade de água de resfriamento, uma instalação de drenagem de água é requerida ter uma alta capacidade, e com isto, este método não é desejável devido a limitações e custo de instalação.

[00010] No caso onde a técnica descrita no Documento de Patente 2 foi empregada em um estado onde a velocidade de transporte da tira de aço laminada a quente muda sob o status de estado de ebulação de transição onde a capacidade para resfriar a tira de aço muda grandemente, foi descoberto que o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço aumentou pela razão acima descrita.

[00011] A presente invenção foi feita em vista das razões acima descrita, e um objeto da presente invenção é prover um método para resfriar uma tira de aço laminada a quente capaz de, no resfriamento da tira de aço laminada a quente após a laminação de acabamento no processo de laminação a quente, resfriar precisamente e uniformemente a tira de aço laminada a quente transportada do laminador de laminação de acabamento a uma velocidade de transporte com aceleração e desaceleração para uma temperatura de bobinamento preeterminada da tira de aço.

## MEIOS PARA RESOLVER OS PROBLEMAS

[00012] A presente invenção emprega os seguintes métodos para resolver os problemas acima descritos.

[00013] Um primeiro aspecto da presente invenção provê um método para resfriar uma tira de aço laminada a quente após uma laminação de acabamento na qual a velocidade de transporte varia, o método incluindo: ajustar uma programação de mudança de velocidade de transporte com base em uma temperatura de uma tira de aço antes da laminação de acabamento e uma condição da laminação de acabamento; executar um primeiro resfriamento no qual a tira de aço laminada a quente é resfriada sob um estado de ebullição de filme em uma primeira seção de resfriamento; executar um segundo resfriamento no qual a tira de aço laminada a quente é resfriada com uma densidade de quantidade de água não menor do que  $2 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  em uma segunda seção de resfriamento; e bobinar a tira de aço laminada a quente. Neste método, uma condição de resfriamento é controlada no primeiro resfriamento de modo que uma temperatura alvo  $T_{2a}$  da tira de aço em um lado de entrada na segunda seção de resfriamento antes de uma mudança em uma velocidade de transporte, uma temperatura alvo  $T_{2a}'$  da tira de aço em um lado de entrada da segunda seção de resfriamento após uma mudança na velocidade de transporte e uma quantidade de mudança  $\Delta T_x$  de uma quantidade de resfriamento da tira de aço laminada a quente na segunda seção de resfriamento, a quantidade de mudança sendo causada pela mudança na velocidade de transporte, satisfaz  $0,8 \leq (T_{2a}' - T_{2a})/\Delta T_x \leq 1,2$  (Equação 1).

[00014] De acordo com o método para resfriar uma tira de aço laminada a quente de (1) acima, uma faixa de variação em um comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento pode estar na faixa de 90% a 110% independentemente de uma mudança na velocidade de transporte.

[00015] De acordo com o método para resfriar uma tira de aço laminada a quente de (1) ou (2) acima, uma faixa de variação na densidade de quantidade de água na segunda seção de resfriamento pode estar na faixa de 80% a 120% independentemente de uma mudança na velocidade de transporte.

[00016] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (3) acima, o resfriamento sob um estado de ebulação de nucleado é responsável por não menos de 80% da duração de resfriamento na segunda seção de resfriamento.

[00017] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (4) acima, o método pode ainda incluir: executar um terceiro resfriamento em uma terceira seção de resfriamento disposta após a segunda seção de resfriamento, o terceiro resfriamento sendo executado resfriando com uma água de resfriamento de uma densidade de quantidade de água não menor do que  $0,05 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  e não maior do que  $0,15 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  e resfriando com ar externo.

[00018] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (5) acima, o método pode ainda incluir: ajustar um comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento com base em um valor máximo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte; e ajustar a temperatura alvo T<sub>2a</sub> da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento com base em um valor mínimo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte.

[00019] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (6), o método pode ainda incluir: medir uma temperatura de lado de entrada da tira de aço no

lado de entrada na segunda seção de resfriamento; e mudar a condição de resfriamento na primeira seção de resfriamento com base na temperatura de lado de entrada medida da tira de aço, e controlar a temperatura de lado de entrada da tira de aço de modo a cair dentro de uma faixa predeterminada.

[00020] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (7) acima, o método pode ainda incluir: medir uma temperatura de lado de saída da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento; e mudar uma condição de resfriamento em uma terceira seção de resfriamento disposta após a segunda seção de resfriamento com base na temperatura de lado de saída medida da tira de aço, e controlar uma temperatura de bobinamento da tira de aço para cair dentro de uma faixa predeterminada.

[00021] De acordo com o método para resfriar de uma tira de aço laminada a quente de qualquer um de (1) a (8) acima, a segunda seção de resfriamento pode incluir uma seção de resfriamento dianteira, uma seção de resfriamento média, e uma seção de resfriamento traseira, e o método pode ainda incluir: medir uma temperatura de lado de saída da tira de aço em um lado de saída da seção de resfriamento dianteira; e mudar uma condição de resfriamento na seção de resfriamento média com base na temperatura de lado de saída medida da tira de aço na seção de resfriamento dianteira, e controlar temperatura da tira de aço em um lado de entrada da seção de resfriamento traseira para cair dentro de uma faixa predeterminada.

## **EFEITOS DA INVENÇÃO**

[00022] De acordo com o método descrito em (1) acima, é possível suprimir a variação em resfriamento causada por um aumento/diminuição no comprimento de resfriamento e no fluxo da água de resfriamento da tira de aço. Especificamente, é possível suprimir a va-

riação em resfriamento na faixa de temperatura da tira de aço (de 300°C a 700°C) que corresponde ao estado de ebulação de transição e ao estado de ebulação de nucleado onde a capacidade de resfriamento (velocidade de resfriamento) muda abruptamente controlando a condição de resfriamento na primeira etapa de resfriamento de modo a satisfazer a Equação 1 acima de acordo com a mudança na velocidade de transporte, e ajustar a condição de resfriamento na segunda etapa de resfriamento para ser aproximadamente constante.

[00023] De acordo com o método descrito em (2) acima, é possível suprimir a variação em resfriamento causada pelo fluxo da água de resfriamento sobre a tira de aço e suprimir o desvio da temperatura de resfriamento da tira de aço, limitando a faixa de variação no comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento.

[00024] De acordo com o método descrito em (3) acima, é possível suprimir a variação na capacidade de resfriamento (velocidade de resfriamento) na segunda seção de resfriamento e suprimir o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço, limitando a faixa de variação da densidade de quantidade de resfriamento.

[00025] De acordo com o método descrito em (4) acima, como é possível minimizar a variação em resfriamento causada pelo resfriamento sob o estado de ebulação de transição e suprimir o desvio da temperatura da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento, é possível suprimir o desvio da temperatura de resfriamento da tira de aço

[00026] De acordo com o método descrito em (5) acima, é possível suprimir o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço, reduzindo a densidade de quantidade de água de resfriamento em uma seção do lado de saída da segunda seção de resfriamento para o bobinamento.

[00027] De acordo com o método descrito em (6) acima, como a

temperatura da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento é apropriadamente ajustada com base na programação de mudança de velocidade de transporte, é possível suprimir favoravelmente o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço.

[00028] De acordo com o método descrito em qualquer um de (7) a (9) acima, é possível suprimir adicionalmente favoravelmente a temperatura de bobinamento da tira de aço, executando o controle de alimentação direta e o controle de retorno com base nas temperaturas de tira de aço realmente medidas.

### **BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS**

[00029] figura 1 é um diagrama que ilustra esquematicamente uma configuração de um laminador de laminação de acabamento e posteriormente uma instalação de laminação a quente que tem um dispositivo de resfriamento de acordo com uma modalidade.

[00030] figura 2 é um diagrama que ilustra esquematicamente um fluxo para determinar as condições de resfriamento. Em que (1) significa “TEMPERATURA ALVO NO LADO DE ENTRADA NA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO 20”; em que (2) significa “TEMPERATURA ALVO NO LADO DE SAÍDA NA SEÇÃO DE RESFRIAMENTO 20”; em que (3) significa “TEMPERATURA DE BOBINAMENTO ALVO”; em que (A) significa “CONDIÇÃO DE ROLAGEM DE ACABAMENTO (ESPESSURA DE TIRA DE AÇO, TEMPERATURA ALVO NO LADO DE SAÍDA DO LAMINADOR DE ROLAGEM DE ACABAMENTO, E SIMILARES)”; em que (B) significa no “VALOR DE PROPRIEDADE DE TIRA DE AÇO”; em que (C) significa “PROPRIEDADES DE RESFRIAMENTO DE TIRA DE AÇO (CONDUTIVIDADE TÉRMICA).

[00031] figura 3 é uma vista esquemática que ilustra um exemplo de uma programação de mudança de velocidade de transporte.

[00032] figura 4 é uma vista esquemática de um histórico de temperatura durante um processo de resfriamento.

[00033] figura 5 é uma vista esquemática de um histórico de temperatura durante o processo de resfriamento.

[00034] figura 6 é uma vista esquemática que ilustra um modo de resfriamento de uma tira de aço.

[00035] figura 7 é um diagrama que ilustra uma programação de mudança de velocidade de transporte utilizada em um exemplo.

## **MODALIDADES DA INVENÇÃO**

[00036] Os presentes inventores descobriram que, no momento quando uma tira de aço laminada a quente que passou através de uma lamação de acabamento é resfriada através de uma primeira etapa de resfriamento e uma segunda etapa de resfriamento, a qual é uma etapa de um resfriamento rápido, em um processo de lamação a quente no qual uma velocidade de transporte varia, é possível suprimir o desvio de temperaturas de bobinamento da tira de aço controlando o suprimento de água na primeira etapa de resfriamento de modo a tornar as condições de resfriamento tais como o comprimento de resfriamento e a densidade quantidade de água inalteradas tanto quanto possível na segunda etapa de resfriamento independentemente de mudanças na velocidade de transporte, mesmo quando a velocidade de transporte da tira de aço laminada a quente varia. Mais especificamente, os presentes inventores descobriram que é possível suprimir o desvio de temperatura de bobinamento da tira de aço controlando as condições de resfriamento na primeira etapa de modo a satisfazer:

$$0,8 \leq (T_{2a'} - T_{2a})/\Delta T_x \leq 1,2 \quad (\text{Equação 1}),$$

[00037] onde  $T_{2a}$  é uma temperatura alvo da tira de aço laminada a quente no lado de entrada em uma segunda seção de resfriamento antes da velocidade de transporte variar;  $T_{2a'}$  é uma temperatura alvo da tira de aço laminada a quente no lado de entrada da segunda seção de resfriamento após a velocidade de transporte variar; e  $\Delta T_x$  é a

quantidade de mudança na quantidade de resfriamento da tira de aço laminada a quente na segunda seção de resfriamento, a mudança sendo devida à ocorrência da mudança em velocidade de laminação.

[00038] Aqui abaixo, com referência aos desenhos, uma descrição será feita de um dispositivo de resfriamento 1 e um método para resfriar uma tira de aço S de acordo com uma modalidade da presente invenção com base nas descobertas acima descritas.

[00039] A figura 1 ilustra esquematicamente uma configuração de um laminador de laminação de acabamento 2 e posteriormente uma instalação de laminação a quente que tem o dispositivo de resfriamento 1 de acordo com esta modalidade.

[00040] Como ilustrado na figura 1, a instalação de laminação a quente inclui o laminador de laminação de acabamento 2, um dispositivo de resfriamento 1, e um bobinador 3, os quais estão dispostos nesta ordem na direção de transporte da tira de aço S. O laminador de laminação de acabamento 2 rola continuamente a tira de aço S que foi descarregada de um forno de aquecimento (não mostrado) e foi laminada por um laminador de laminação bruta (não mostrado) com a laminação contínua sendo acelerada ou desacelerada de acordo com a programação de mudança de velocidade de transporte. O dispositivo de resfriamento 1 resfria a tira de aço S após uma laminação de acabamento para uma temperatura de bobinamento predeterminada da tira de aço de, por exemplo, 300°C. O bobinador 3 bobina a tira de aço S resfriada. Um termômetro 51 para medir uma temperatura de laminação de acabamento T0 da tira de aço está provido no lado a montante do laminador de laminação de acabamento 2, e uma mesa de saída 4 formada por rolos de mesa 4a está provida entre o laminador de laminação de acabamento 2 e o bobinador 3. A tira de aço S que foi laminada pelo laminador de laminação de acabamento 2 é resfriada pelo dispositivo de resfriamento 1 enquanto sendo transportada sobre

a mesa de saída 4, e então, é bobinada pelo bobinador 3.

[00041] Uma primeira unidade de resfriamento 10a que resfria, em uma primeira seção de resfriamento 10, a tira de aço S imediatamente após passar através do laminador de laminação de acabamento 2 está provida no lado a montante no dispositivo de resfriamento 1, em outras palavras, em uma posição imediatamente a jusante do laminador de laminação de acabamento 2. Como ilustrado na figura 1, a primeira unidade de resfriamento 10a está provida com bocais laminares 11 plurais que pulverizam a água de resfriamento, por exemplo, por sobre uma superfície da tira de aço S, os bocais laminares sendo dispostos na direção de largura e na direção de transporte da tira de aço S. A densidade de quantidade de água da água de resfriamento pulverizada dos bocais laminares 11 por sobre a superfície da tira de aço S é ajustada, por exemplo, para  $0,3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$ . A primeira seção de resfriamento 10 refere a uma seção na qual a tira de aço S é resfriada sob um estado de ebulação de filme pela primeira unidade de resfriamento 10a. Além de pulverizar a água de resfriamento através dos bocais laminares, o resfriamento na primeira seção de resfriamento 10 pode ser executado, por exemplo, pulverizando a água de resfriamento por um bocal de pulverização, por resfriamento a gás utilizando um bocal de ar, por uma combinação de gás e água utilizando um bocal de gás - água (resfriamento de névoa), ou por resfriamento a ar no qual nenhum meio de resfriamento é suprido. Note que o "resfriada sob um estado de ebulação de filme" inclui um estado de resfriamento onde o resfriamento na faixa de ebulação de filme é executado em uma parte da primeira seção de resfriamento enquanto um resfriamento a ar é executado no restante da seção, além de um estado onde o resfriamento sob o estado de ebulação de filme é executado na primeira seção de resfriamento inteira.

[00042] Como ilustrado na figura 1, no lado a jusante da primeira

unidade de resfriamento 10a, está provida uma segunda unidade de resfriamento 20a que resfria rapidamente, na segunda seção de resfriamento 20 (seção de resfriamento rápido), a tira de aço S que foi resfriada na primeira seção de resfriamento 10. A segunda seção de resfriamento 20 refere a uma seção na qual a segunda unidade de resfriamento 20a resfria a tira de aço S. O termo "resfria rapidamente" como utilizado nesta modalidade refere a um processo de resfriamento no qual a densidade de quantidade de água de resfriamento é ajustada em pelo menos  $2 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  ou mais, desejavelmente a  $3 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  ou mais. O termo "densidade de quantidade de água de resfriamento" significa a quantidade de água de resfriamento suprida por unidade de  $1 \text{ m}^2$  sobre a superfície alvo da tira de aço, e no caso de resfriar somente a superfície superior da tira de aço, significa a quantidade de água de resfriamento suprida por unidade de  $1 \text{ m}^2$  sobre a superfície superior da tira de aço. A segunda unidade de resfriamento 20a está provida, por exemplo, com bocais de pulverização 21 que pulverizam a água de resfriamento por sobre a superfície superior da tira de aço S enquanto sendo disposta na direção de transporte e na direção de largura da tira de aço, e tem uma capacidade de prover a densidade de quantidade de água de resfriamento, por exemplo, de  $2 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ , desejavelmente  $3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{min}$  ou mais para a tira de aço S. Com relação ao modo de resfriamento inteiro nesta segunda seção de resfriamento, a segunda unidade de resfriamento 20a tem uma capacidade de resfriar 80% ou mais da duração de resfriamento na segunda seção de resfriamento sob a ebulação de nucleado.

[00043] Como ilustrado na figura 3, uma terceira unidade de resfriamento 30a que resfria uma terceira seção de resfriamento 30 pode estar provida no lado a jusante da segunda unidade de resfriamento 20a. Similar à primeira unidade de resfriamento 10a, a terceira unidade de resfriamento 30a está provida com bocais laminares 11 plurais que

pulverizam a água de resfriamento por sobre a superfície da tira de aço S enquanto sendo disposta na direção de largura e na direção de transporte da tira de aço S. A densidade de quantidade de água da água de resfriamento pulverizada dos bocais laminares 11 por sobre a superfície da tira de aço S é ajustada, por exemplo, para 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min. Além de pulverizar a água de resfriamento através dos bocais laminares, o resfriamento na terceira seção de resfriamento 30 pode ser executado, por exemplo, pulverizando a água de resfriamento por um bocal de pulverização, por resfriamento a gás utilizando um bocal de ar, por uma combinação de gás e água utilizando um bocal de gás - água (resfriamento de névoa), ou por resfriamento a ar no qual nenhum meio de resfriamento é suprido.

[00044] Os termômetros 52, 53 para medir uma temperatura de tira de aço no lado de entrada e uma temperatura de tira de aço no lado de saída estão providos no lado de entrada e no lado de saída da primeira seção de resfriamento 10, respectivamente. Ainda, um termômetro 54 para medir uma temperatura de tira de aço do lado de saída está provido no lado de saída da segunda seção de resfriamento 20. Um termômetro 55 para medir uma temperatura de bobinamento da tira de aço está provido no lado a montante do bobinador 3. As temperaturas da tira de aço no momento de resfriamento da tira de aço são medidas em uma base conforme necessário, um controle de alimentação direta e um controle de retorno são executados na primeira seção de resfriamento 10 e na terceira seção de resfriamento 30 com base nos valores medidos dos termômetros.

[00045] A seguir, com referência à figura 2 até a figura 6, uma descrição será feita de um método para resfriar a tira de aço laminada a quente S de acordo com esta modalidade, o método pelo menos incluindo uma primeira etapa de resfriamento, uma segunda etapa de resfriamento, e uma etapa de bobinamento. Note que a descrição será feita

na suposição que a terceira unidade de resfriamento 30a está provida.

[00046] A figura 2 ilustra um fluxo para determinar as condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 no momento de iniciar o resfriamento a tira de aço laminada a quente.

[00047] A tira de aço após o completamento de laminação bruta é transportada para o laminador de laminação de acabamento 2, e as suas temperaturas de tira de aço de laminação de acabamento são medidas pelo termômetro 51. Os dados das temperaturas medidas são inseridas em uma unidade de computação 101 com base nas temperaturas da tira de aço e uma condição de laminação de acabamento predeterminada tal como a espessura, a qual foi inserida com antecedência a unidade de computação 101 obtém uma programação de mudança de velocidade de transporte (a velocidade no lado de saída do laminador de laminação de acabamento) em posições na direção longitudinal da tira de aço em um modo que a programação de mudança de velocidade de transporte satisfaça a condição de laminação de acabamento predeterminada, como ilustrado na figura 3. A programação de mudança de velocidade de transporte pode ser obtida de modo a ser associada com as posições na direção longitudinal da tira de aço, além de com o tempo do início da laminação de acabamento.

[00048] A programação de mudança de velocidade de transporte obtida pela unidade de computação 101 é enviada para uma unidade de computação 102. A unidade de computação 102 ajusta, por exemplo, as condições de resfriamento tais como a densidade de quantidade de água de resfriamento e o comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20, e uma condição de resfriamento inicial na primeira seção de resfriamento 10, as quais são necessárias para ajustar as respectivas temperaturas da tira de aço de modo a cair dentro da faixa alvo, com base na programação de mudança de velocidade de transporte, uma temperatura de bobinamento alvo T4 da tira

de aço, a qual foi inserida com antecedência, a temperatura de tira de aço alvo do lado de entrada T2a e a temperatura de tira de aço alvo do lado de saída T2b na segunda seção de resfriamento 20 e similares. Como a capacidade de resfriamento (velocidade de resfriamento) pode ser expressa como uma função de densidade de quantidade de água, é possível ajustar a densidade é possível ajustar a densidade de quantidade de água necessária e o comprimento de resfriamento obtendo o tempo requerido para passar através da seção de resfriamento com base na programação de mudança de velocidade de transporte. Certos tipos de aço são desejáveis serem resfriados em uma velocidade de resfriamento predeterminada para o propósito de aperfeiçoar as propriedades do aço. Para tais aços, o comprimento de resfriamento necessário pode ser obtido com base na densidade de quantidade de água requerida para a velocidade de resfriamento necessária e a programação de mudança de velocidade de transporte. Em um modo similar, é possível ajustar as condições de resfriamento iniciais na primeira seção de resfriamento 10 e na terceira seção de resfriamento 30 com base na temperatura de bobinamento alvo T4 da tira de aço, a temperatura de tira de aço alvo T2b no lado de saída da segunda seção de resfriamento, a temperatura de aço alvo T2a no lado de entrada da segunda seção de resfriamento e a temperatura de tira de aço alvo T0a no lado de saída da laminação de acabamento.

[00049] No processo de resfriamento contínuo na primeira seção de resfriamento 10 e na terceira seção de resfriamento 30, as condições de resfriamento tais como a densidade de quantidade de água e o comprimento de resfriamento são mudadas controlando o suprimento de água de modo a estar associado com a mudança na velocidade de transporte. Mais especificamente, ajustando a temperatura alvo T2a' da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento no tempo quando a velocidade de transporte atinge a segunda veloci-

dade transporte em um modo que satisfaça a Equação 1 acima descrita, o suprimento de água é controlado na primeira seção de resfriamento de modo a ser capaz de conseguir este valor de ajuste da temperatura de tira de aço alvo durante o processo que transiciona da primeira velocidade de transporte para a segunda velocidade de transporte. Por exemplo, na figura 3, é assumido que a velocidade de transporte no tempo B é ajustada para a primeira velocidade de transporte, e a velocidade de transporte no tempo C é ajustada para a segunda velocidade de transporte. Por exemplo, no caso onde a temperatura de bobinamento alvo T4 da tira de aço é de 450°C, a temperatura alvo T2b da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento 20 é ajustada para 480°C, e a temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento 20 é ajustada para 600°C como as condições de resfriamento na primeira velocidade de transporte. No momento de ajustar a T2a e a T2b, as capacidades de resfriamento na primeira seção de resfriamento 10, na segunda seção de resfriamento 20 e na terceira seção de resfriamento 30, a temperatura de partida da faixa de ebulição de transição da tira de aço e similares são levadas em consideração. Dos valores de ajuste acima descritos, a quantidade de resfriamento da tira de aço na segunda seção de resfriamento 20 na primeira velocidade de transporte é  $T_{2a} - T_{2b} = 120^{\circ}\text{C}$ , e as condições de resfriamento tais como o comprimento de resfriamento e a densidade de quantidade de água na segunda seção de resfriamento são determinadas de modo a ser capaz de atingir a equação.

[00050] Durante um processo de resfriamento contínuo no qual a velocidade de transporte transiciona para a segunda velocidade de transporte, a velocidade de transporte muda com o avanço da laminacão de acabamento, como ilustrado na figura 3. Por outro lado, a quantidade  $T_x$  de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20

(em outras palavras,  $T_{2ax} - T_{2bx}$ ) varia como ilustrado na figura 5 no caso onde  $T_{2ax}$  e as condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento (comprimento de resfriamento e a densidade de quantidade de água de resfriamento) permanecem inalteradas, e uma diferença da quantidade de resfriamento pode ser expressa como  $\Delta T_x$  (em outras palavras,  $T_{x2} - T_{x1}$ ) durante a transição para a segunda velocidade de transporte. Portanto, no momento de transicionar da primeira velocidade de transporte para a segunda velocidade de transporte, é necessário ajustar a temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento e executar um ajuste controlando a água suprida na primeira seção de resfriamento, levando em consideração a quantidade de mudança em  $T_x$ . O ajuste acima descrito é feito em consideração à precisão de controle na seção de resfriamento 1 na faixa que cai dentro de  $0,8 \leq (T_{2a'} - T_{2a})/\Delta T_x \leq 1,2$ , desejavelmente,  $0,9 \leq (T_{2a'} - T_{2a})/\Delta T_x \leq 1,1$ , onde  $T_{2a}$  é a temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento na primeira velocidade de transporte, e  $T_{2a'}$  é a temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada da segunda seção de resfriamento após a velocidade de transporte tornar-se a segunda velocidade de transporte. A temperatura alvo  $T_{2a''}$  da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento durante a transição da primeira velocidade de transporte para a segunda velocidade de transporte pode ser expressa como uma função de tempo com base na  $T_{2a}$  e na  $T_{2a'}$ . Por exemplo, a função pode ser dada como valores associados com o tempo, utilizando o tempo requerido para transicionar da primeira velocidade de transporte para a segunda velocidade de transporte, e a quantidade média de mudança em temperaturas por tempo unitário  $((T_{2a'} - T_{2a})/t)$ . Ainda, na figura 3, no caso onde a primeira velocidade de transporte é uma velocidade de transporte no tempo A e a segunda velocidade de transporte é uma velocidade de transporte no tempo B,

a velocidade de transporte é constante durante a transição do tempo A para o tempo B, e com isto,  $\Delta T_x$  é zero nesta transição. Portanto,  $T_{2a} = T_{2a}'$  é estabelecido durante a transição do tempo A para o tempo B. O suprimento da água é controlado pela seção de resfriamento 1 de modo a ser o ajuste  $T_{2a}'$ , e a tira de aço é resfriada na segunda seção de resfriamento em um estado onde as condições de resfriamento tais como o comprimento de resfriamento e/ou a densidade de quantidade de água são substancialmente constantes. Note que a frase "substantialmente constante" significa que a quantidade de mudança no comprimento de resfriamento cai dentro da faixa de 90% a 110%, e a quantidade de mudança na densidade de quantidade de água cai dentro da faixa de 80% a 120%. Ainda, em um modo similar, no caso onde a programação de velocidade de transporte é obtida com relação à direção longitudinal da tira de aço, é possível ajustar uma nova temperatura de tira de aço alvo  $T_{2a}'$  de modo a ser associada com as posições na direção longitudinal da tira de aço.

[00051] Como o resfriamento na faixa de ebulação de filme é executado na primeira seção de resfriamento 10, é possível atingir precisamente a temperatura da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento controlando o suprimento da água de acordo com a mudança na velocidade de transporte, e tornar o comprimento de resfriamento e a densidade de quantidade de água de resfriamento da segunda unidade de resfriamento 20a quase inalterados na segunda seção de resfriamento 20. Isto torna possível: remover a perturbação de resfriamento externo causada pela entrada da água que existe sobre a tira de aço resultando do LIGAMENTO/DESLIGAMENTO da válvula de suprimento de água; suprimir o desvio da temperatura da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento; e atingir precisamente a temperatura de bobinamento da tira de aço.

[00052] A faixa de temperatura na qual as condições de resfriamen-

to são constante na segunda seção de resfriamento pode ser ajustada na faixa de 300°C a 700°C, e mais desejavelmente, na faixa de 400°C a 600°C. Isto é porque é possível reduzir adicionalmente o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço reduzindo o tempo requerido para resfriar sob a ebulação de transição na segunda seção de resfriamento. Como ilustrado na figura 6, no caso onde a densidade de quantidade de água na segunda seção de resfriamento 20 é 3 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup> e a densidade de quantidade de água na primeira seção de resfriamento 10 é 0,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min, o resfriamento sob a ebulação de transição (B) inicia em temperaturas de tira de aço de aproximadamente 700°C e aproximadamente 600°C, respectivamente, e o resfriamento sob a ebulação de filme (A) é executado na faixa das temperaturas de tira de aço mais alta do que estas temperaturas. Com o resfriamento sob a ebulação de filme, é possível obter uma capacidade de resfriamento estável (coeficiente de transferência de calor), independentemente das temperaturas de tira de aço. Por outro lado, com o resfriamento sob a ebulação de transição, o desvio das temperaturas da tira de aço aumenta, porque a capacidade de resfriamento aumenta abruptamente devido a uma diminuição na temperatura de tira de aço, o que acelera adicionalmente o resfriamento nas porções de temperatura mais baixa.

[00053] Portanto, resfriando, na primeira seção de resfriamento 10, a tira de aço para a temperatura mais baixa (600°C) na qual o resfriamento é executado sob a ebulação de filme e então, executando o resfriamento rápido na segunda seção de resfriamento 20, é possível reduzir o tempo requerido para resfriamento sob a ebulação de transição na segunda seção de resfriamento, por meio de que é possível reduzir a variação em resfriamento causada pela execução do resfriamento sob o estado de ebulação de transição. Com este processo, é possível obter estavelmente a temperatura de tira de aço no lado de saída na segunda

seção de resfriamento, por meio de que é possível reduzir adicionaismente o desvio da temperatura de resfriamento da tira de aço.

[00054] O modo de resfriamento da tira de aço ilustrado na figura 6 será descrito em mais detalhes. No caso onde a temperatura da tira de aço é mais alta do que 700°C e o resfriamento rápido é executado com a densidade de quantidade de água de 3 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>, o resfriamento da tira de aço é executado sob a ebulação de filme (A) sob a qual a capacidade de resfriamento da tira de aço (coeficiente de transferência de calor) é pequena. Portanto, o fluxo da água de resfriamento sobre a tira de aço e a mudança no comprimento de resfriamento, o que não segue a mudança na velocidade de transporte, têm um pequeno impacto sobre o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço. Ainda, um resfriamento rápido na faixa de temperatura mais baixa do que 300°C não provê efeitos suficientes se a quantidade de investimento nas instalações for comparada com o efeito assim obtido em termos de propriedades de material. Em geral, o resfriamento rápido da tira de aço na faixa de temperatura de 300°C a 700°C provê uma vantagem em obter propriedades de material predeterminadas. No entanto, nesta faixa de temperatura, a tira de aço é resfriada sob a ebulação de transição (B) e a ebulação de nucleado (C). Na ebulação de transição, a capacidade de resfriamento da tira de aço aumenta abruptamente com a diminuição na temperatura de tira de aço, enquanto que o resfriamento sob o estado de ebulação de nucleado provê uma capacidade de resfriamento cinco até quase 10 vezes maior do que aquela obtida no estado de ebulação de filme quando executado pela mesma quantidade de água. Mais especificamente, o fluxo da água de resfriamento sobre a tira de aço, e a mudança no comprimento de resfriamento, o que não segue a mudança na velocidade de transporte, têm um grande impacto sobre a uniformidade das temperaturas de bobinamento da tira de aço, e com isto, é importante impedir a ocorrência do fluxo da água de resfriamento sobre

a tira de aço e a mudança no comprimento de resfriamento nesta faixa de temperatura de modo a aperfeiçoar a uniformidade das temperaturas de bobinamento da tira de aço.

[00055] No momento quando as condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 são determinadas, é possível determinar o comprimento de resfriamento com base no valor máximo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte, e ajustar o valor inicial da temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento com base no valor mínimo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte. Um seu exemplo inclui um caso onde a temperatura da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento 20 no resfriamento contínuo é desejada ser um certo valor ou mais.

[00056] A seguir, uma descrição será feita de um método para ajustar as condições de resfriamento iniciais na segunda seção de resfriamento 20 determinando o comprimento de resfriamento com base no valor máximo da velocidade de transporte na programação de velocidade de transporte, e ajustar um valor inicial da temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento com base no valor mínimo da velocidade de transporte. Na figura 3, a velocidade de transporte aumenta e diminui em uma linha aproximadamente reta acelerando e desacelerando da extremidade dianteira para a extremidade traseira da tira de aço. Na figura 3, o valor mínimo da velocidade de transporte é denotado por V(min), o valor máximo é denotado por V(max), e a velocidade no final da laminação de acabamento é denotada por V(fin).

[00057] Como acima descrito, por exemplo, a quantidade de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 é  $T2a - T2b = 120^{\circ}\text{C}$  no caso onde a temperatura de resfriamento alvo T4 da tira de aço é ajust-

tada para 450°C, a temperatura alvo T2b da tira de aço no lado de saída da segunda seção de resfriamento 20 é ajustada para 480°C, e a temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento 20 é ajustada para 600°C. Para a velocidade de transporte da tira de aço, V(min) é 400 m/min, V(max) é 600 m/min e V(fin) é 520 m/min, por exemplo. Como os ajustes iniciais das condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 sob a qual o resfriamento de 120°C pode ser atingido no tempo quando a tira de aço é transportada a 600 m/min, a quantidade de água de resfriamento é ajustada, por exemplo, para 3 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>, e o comprimento de resfriamento é ajustado para 3 m.

[00058] No caso onde o resfriamento é executado sob as condições de resfriamento acima descritas, o tempo requerido para o resfriamento é 1,5 vezes mais longo do que o tempo da velocidade de transporte sendo 400 m/min, a qual é o valor mínimo. Portanto, a quantidade de resfriamento aumenta por aproximadamente 60°C, de modo que a quantidade de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 é de aproximadamente 180°C. Como é desejável ajustar a temperatura T2b da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento 20 para ser constante, o ajuste inicial da temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento 20 é ajustado para 660°C, o que é 60°C mais alto do que 600°C.

[00059] Na seção de aceleração, a quantidade de resfriamento T2a - T2b na segunda seção de resfriamento 20 diminui, e com isto, em resposta à aceleração, a temperatura alvo T2a' da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento é tornada diminuída da temperatura de 600°C de acordo com a mudança na velocidade de transporte. Então, no momento quando a velocidade de transporte atinge a velocidade máxima, a temperatura alvo T2a' da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento 20 é de 600°C.

[00060] Quando a laminação de acabamento avança adicionalmente e entra na seção de desaceleração, a quantidade de resfriamento T2a - T2b na segunda seção de resfriamento 20 aumenta, e assim, a temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento é tornada aumentada novamente de 600°C. Como a velocidade V(fin) no final da laminação é  $V(\min) < V(\text{fin}) < V(\max)$ , a relação no lado de entrada da segunda seção de resfriamento 20 entre a temperatura de tira de aço alvo  $T2a_{(V\max)}$  na velocidade máxima, a temperatura de tira de aço alvo  $T2a_{(V\min)}$  na velocidade mínima e a temperatura de tira de aço alvo  $T2a_{(V\text{fin})}$  no final da laminação é  $T2a_{(V\max)} < T2a_{(V\text{fin})} < T2a_{(V\min)}$ .

[00061] Como acima descrito, as condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento 20 são ajustadas de modo que o comprimento de resfriamento seja determinado com base no valor máximo da velocidade de transporta, e o valor inicial da temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento é ajustado com base no valor mínimo da velocidade de transporte. Com este ajuste, a temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento pode ser tornada sempre mais alta do que a  $T2a(\text{ini})$ , o qual é o valor de ajuste inicial, no processo de resfriamento contínuo no qual a velocidade de transporte varia. No caso onde o resfriamento da segunda seção de resfriamento é iniciado de uma temperatura na vizinhança da temperatura na qual o resfriamento sob a ebulação de transição na primeira seção de resfriamento 10 é iniciada, é possível evitar o resfriamento sob a ebulação de transição na primeira seção de resfriamento 10.

[00062] Na segunda seção de resfriamento 20, o resfriamento é executado com o comprimento de resfriamento e/ou a densidade de quantidade de água sendo constantes independentemente da velocidade de transporte; na primeira seção de resfriamento 10 e na terceira

seção de resfriamento 30, o suprimento de água é controlado com base na velocidade de transporte abrindo e fechando a válvula, para resfriar a tira de aço de modo a ser uma temperatura de bobinamento predeterminada da tira de aço; e então, a tira de aço é bobinada pelo bobinador.

[00063] Para controlar o suprimento de água na primeira seção de resfriamento 10 e na terceira seção de resfriamento 30, é desejável que os termômetros sejam providos no lado de entrada e no lado de saída da segunda seção de resfriamento 20, e que o controle de retorno e o controle de alimentação direta sejam executados utilizando os valores dos termômetros. Utilizando as temperaturas de tira de aço realmente medidas no controle, é possível atingir precisamente a temperatura alvo T<sub>2a</sub> da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento, e a temperatura de bobinamento da tira de aço.

[00064] No momento de determinar as condições de resfriamento na segunda seção de resfriamento, pode ser possível determinar a densidade de quantidade de água de resfriamento com antecedência, e então, obter o comprimento de resfriamento de modo que a quantidade requerida de resfriamento T<sub>2a</sub> - T<sub>2b</sub> possa ser atingida. Por exemplo, pode ser possível designar com antecedência certos tipos de aços como aços a serem resfriados com a densidade de quantidade de água de resfriamento de 3 m<sup>3</sup>/min/m<sup>2</sup>, e então, determinar o comprimento de resfriamento.

[00065] Na segunda seção de resfriamento, é possível executar o resfriamento com a quantidade de água de resfriamento e o comprimento de resfriamento com os quais o resfriamento sob a faixa de ebulação de nucleado é responsável por 80% ou mais. Isto torna possível suprimir a variação em temperaturas causada pelo resfriamento sob a ebulação de transição, e resfriar o alvo em um modo uniforme.

[00066] A segunda seção de resfriamento pode ser dividida em uma

seção de resfriamento dianteira, uma seção de resfriamento média, e uma seção de resfriamento traseira. Neste caso, as temperaturas da tira de aço no lado de saída são medidas no lado de saída da seção de resfriamento dianteira. Com base na temperatura de tira de aço no lado de saída medida na seção de resfriamento dianteira, as condições de resfriamento na seção de resfriamento média são mudadas, e a temperatura do aço no lado de entrada da seção de resfriamento traseira é controlada de modo a cair dentro de uma faixa predeterminada, por meio de que é possível suprimir favoravelmente o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço.

[00067] Na terceira seção de resfriamento 30, pode ser possível executar o resfriamento com a densidade de quantidade de água da água de resfriamento na faixa de  $0,05 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  a  $0,15 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ . O resfriamento na terceira seção de resfriamento 30 pode ser executado suprindo a água de resfriamento como o meio de resfriamento, um gás ou uma sua mistura, assim como por resfriamento a ar no qual nenhum meio de resfriamento é suprido. Isto é porque, reduzindo a densidade de quantidade de água, é possível aperfeiçoar a controlabilidade em resfriamento, por meio de que é possível atingir precisamente a temperatura de bobinamento da tira de aço.

## **EXEMPLOS**

[00068] A seguir, uma descrição será feita de Exemplos A1 a A7, Exemplos B1 a B7, Exemplos C1 a C7, e Exemplos D1 a D7, cada um dos quais emprega o laminador de laminação de acabamento, a primeira unidade de resfriamento, a segunda unidade de resfriamento, e o bobinador.

[00069] Em cada um dos Exemplos, uma tira de aço laminada a quente foi sujeita à laminação de acabamento de acordo com a programação de mudança de velocidade de transporte ilustrada na figura 7, e então, sujeita ao primeiro resfriamento e ao segundo resfriamento.

A Tabela 1 mostra as condições de resfriamento e os resultados de avaliação dos Exemplos. Na figura 7,  $t = 0$  indica um momento quando a porção de extremidade superior da tira de aço laminada a quente atinge a primeira seção de resfriamento, e  $t = 90$  indica um momento quando a porção de extremidade traseira da tira de aço laminada a quente atinge o bobinador. Nos presentes Exemplos, a avaliação foi feita ajustando a primeira velocidade de transporte para ser uma velocidade de transporte em  $t = 20$ , e o ajuste da segunda velocidade de transporte para ser uma velocidade de transporte em  $t = 50$ . Deve ser notado que a temperatura alvo da tira de aço no lado de saída na segunda seção de resfriamento é ajustada para 400°C.

TABELA 1

	Temperatura alvo T2a da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento a t=20 °C	Quantidade de resfriamento Tx1 na segunda seção de resfriamento a t=20 °C	Quantidade de resfriamento Tx2 na segunda seção de resfriamento a t=50 °C	Quantidade de mudança $\Delta T_x$ da quantidade de resfriamento na segunda seção de resfriamento entre t=20 a t=50 °C	$(T_{2a'} - T_{2a}) / (\Delta T_x)$	Temperatura alvo T2a' da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento a t=50 °C	Desvio da temperatura da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento da tira de aço	Desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço	Densidade da quantidade de água na segunda seção de resfriamento a t=20 m³/min/m²	Densidade da quantidade de água na segunda seção de resfriamento a t=50 m³/min/m²	Comprimento do resfriamento na segunda seção de resfriamento a t=20 m	Comprimento do resfriamento na segunda seção de resfriamento a t=50 m	Faixa de variação no comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento (razão)
Exemplo A1	700	200	100	<u>-100</u>	0,7	630	9,6	14,6	3,0	3,0	6,0	6,9	1,15
Exemplo A2					0,8	620	9,8	13,2				6,6	1,1
Exemplo A3					0,9	610	9,4	12,9				6,3	1,05
Exemplo A4					1	600	9,5	12,7				6,0	1
Exemplo A5					1,1	590	9,6	12,9				5,7	0,95
Exemplo A6					1,2	580	9,7	13,2				5,4	0,9
Exemplo A7					1,3	570	9,6	14,4				5,1	0,85
Exemplo B1	700	200	100	<u>-100</u>	0,7	630	9,7	14,9	2,0	2,0	8,4	9,7	1,15
Exemplo B2					0,8	620	9,9	13,8				9,2	1,1
Exemplo B3					0,9	610	9,6	13,4				8,8	1,05
Exemplo B4					1	600	9,8	13,1				8,4	1
Exemplo B5					1,1	590	9,8	13,6				8,0	0,95
Exemplo B6					1,2	580	9,9	13,9				7,6	0,9
Exemplo B7					1,3	570	9,7	15,1				7,1	0,85
Exemplo C1	700	200	100	<u>-100</u>	0,7	630	9,8	15,8	1,5	1,5	10,5	12,1	1,15
Exemplo C2					0,8	620	9,9	15,3				11,6	1,1
Exemplo C3					0,9	610	9,7	14,9				11,0	1,05
Exemplo C4					1	600	9,6	14,7				10,5	1
Exemplo C5					1,1	590	9,6	15,1				10,0	0,95
Exemplo C6					1,2	580	9,9	15,5				9,5	0,9
Exemplo C7					1,3	570	9,8	16,2				8,9	0,85
Exemplo D1	700	200	100	<u>-100</u>	0,7	630	9,6	14,8	3,0	4,4	6,0	1,45	
Exemplo D2					0,8	620	9,9	13,3		3,9		1,30	
Exemplo D3					0,9	610	9,7	12,9		3,4		1,15	
Exemplo D4					1	600	9,6	12,5		3,0		1,00	
Exemplo D5					1,1	590	9,7	13,1		2,6		0,87	
Exemplo D6					1,2	580	9,9	13,3		2,3		0,77	
Exemplo D7					1,3	570	9,8	14,9		2,1		0,69	

[00070] Na Tabela 1, o "desvio de temperatura de tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento" e o "desvio de temperatura de bobinamento da tira de aço" cada um refere ao desvio de temperaturas obtidas medindo continuamente as temperaturas do centro da largura da tira de aço na direção na qual a tira de aço move.

[00071] Nos presentes Exemplos, como a tira de aço foi resfriada a ar da saída da segunda seção de resfriamento até o bobinamento, o desvio da temperatura de tira de aço no lado de saída da segunda seção de resfriamento é considerado ser quase igual ao desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço.

[00072] Os resultados destes exemplos confirmam que o efeito de suprimir o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço pode ser obtido ajustando a temperatura alvo  $t_{2a}'$  da tira de aço no lado de entrada na segunda seção de resfriamento de modo que o valor de  $(T_{2a}' - T_{2a})/\Delta T_x$  caia dentro da faixa de 0,8 a 1,2.

[00073] Mais ainda, os resultados dos Exemplos C1 a C7, os quais são exemplos comparativos, confirmam que, mesmo ajustando a temperatura alvo  $T_{2a}'$  da tira de aço no lado de entrada da segunda seção de resfriamento de modo que o valor de  $(T_{2a}' - T_{2a})/\Delta T_x$  caia dentro da faixa de 0,8 a 1,2, o efeito de suprimir o desvio da temperatura de bobinamento da tira de aço não pode ser obtido no caso onde a densidade de quantidade de água na segunda seção de resfriamento é menor do que  $2,0 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$ .

[00074] Como acima descrito, a modalidade preferida da presente invenção foi descrita com referência aos desenhos anexos. No entanto, a presente invenção não está limitada aos exemplos. Aparentemente, a pessoa versada na técnica pode alcançar vários exemplos de mudança ou exemplos de modificação dentro do escopo do princípio técnico Reivindicado. É compreendido que estes exemplos de mudanças ou exemplos de modificações estão naturalmente incluídos no es-

copo técnico da presente invenção.

### **APLICABILIDADE INDUSTRIAL**

[00075] De acordo com a presente invenção, é possível resfriar precisamente e uniformemente uma tira de aço laminada a quente transportada de um laminador de laminação de acabamento a uma velocidade de transporte com aceleração de desaceleração, para atingir uma temperatura de bobinamento predeterminada da tira de aço.

### **LISTAGEM DE REFERÊNCIA**

- 1 Dispositivo de resfriamento
- 2 Laminador de laminação de acabamento
- 3 Bobinador
- 4 Mesa de saída
- 4a Rolo de mesa
- 10 Primeira seção de resfriamento
- 10a Primeira unidade de resfriamento
- 11 Bocal laminar
- 20 Segunda seção de resfriamento (seção de resfriamento rápido)
- 20a Segunda unidade de resfriamento (unidade de resfriamento rápido)
- 21 Bocal de pulverização (sobre o lado de superfície superior)
- 30 Terceira seção de resfriamento
- 30a Terceira unidade de resfriamento
- 40 Unidade de controle
- 51, 52, 53, 54, 55 Termômetro
- S Tira de aço
- V(min) Velocidade de transporte mínima
- V(max) Velocidade de transporte máxima
- V(fin) Velocidade de transporte no final da laminação de acabamento

T2a(Vmin) Temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada da segunda seção de resfriamento na velocidade de transporte mínima

T2a(Vmax) Temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada da segunda seção de resfriamento na velocidade de transporte máxima

T2a(Vfin) Temperatura alvo da tira de aço no lado de entrada da segunda seção de resfriamento com relação a uma velocidade de transporte no final da laminação de acabamento

- (A) Resfriamento sob ebulação de filme
- (B) Resfriamento sob ebulação de transição
- (C) Resfriamento sob ebulação de nucleado

## REIVINDICAÇÕES

1. Método para resfriar uma tira de aço laminada a quente (5) após uma laminação de acabamento na qual uma velocidade de transporte varia, o método caracterizado pelo fato de que inclui:

ajustar uma programação de mudança de velocidade de transporte com base em uma temperatura de uma tira de aço antes da laminação de acabamento e uma condição da laminação de acabamento;

executar um primeiro resfriamento no qual a tira de aço laminada a quente (5) é resfriada sob um estado de ebulição de filme em uma primeira seção de resfriamento (10);

executar um segundo resfriamento no qual a tira de aço laminada a quente (5) é resfriada com uma densidade de quantidade de água não menor do que  $2 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  em uma segunda seção de resfriamento (20); e

bobinar a tira de aço laminada a quente (5) em que

uma condição de resfriamento é controlada no primeiro resfriamento de modo que uma temperatura alvo  $T_{2a}$  da tira de aço (5) em um lado de entrada na segunda seção de resfriamento (20) antes de uma mudança em uma velocidade de transporte, uma temperatura alvo  $T_{2a}'$  da tira de aço em um lado de entrada da segunda seção de resfriamento (20) após uma mudança na velocidade de laminação, e uma quantidade de mudança  $\Delta T_x$  de uma quantidade de resfriamento da tira de aço laminada a quente (5) na segunda seção de resfriamento (20), a quantidade de mudança sendo causada pela mudança na velocidade de laminação, satisfaz  $0,8 \leq (T_{2a}' - T_{2a})/\Delta T_x \leq 1,2$  (Equação 1).

2. Método, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma faixa de variação em um comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento (20) pode estar na faixa de 90% a 110% independentemente de uma mudança na velocidade de transporte.

3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que uma faixa de variação na densidade de quantidade de água na segunda seção de resfriamento (20) pode estar na faixa de 80% a 120% independentemente de uma mudança na velocidade de transporte.

4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o resfriamento sob um estado de ebulação de nucleado é responsável por não menos de 80% da duração de resfriamento na segunda seção de resfriamento (20).

5. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, o método caracterizado pelo fato de que inclui ainda:

executar um terceiro resfriamento em uma terceira seção de resfriamento (30) disposta após a segunda seção de resfriamento (20), o terceiro resfriamento sendo formado resfriando com uma água de resfriamento de uma densidade de quantidade de água não menor do que  $0,05 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  e não maior do que  $0,15 \text{ m}^3/\text{min/m}^2$  e resfriando com ar externo.

6. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, o método caracterizado pelo fato de que inclui ainda:

ajustar um comprimento de resfriamento na segunda seção de resfriamento (20) com base em um valor máximo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte; e

ajustar a temperatura alvo T<sub>2a</sub> da tira de aço (5) no lado de entrada na segunda seção de resfriamento (20) com base em um valor mínimo da velocidade de transporte na programação de mudança de velocidade de transporte.

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, o método caracterizado pelo fato de que inclui ainda:

medir uma temperatura de lado de entrada da tira de aço (5) no lado de entrada na segunda seção de resfriamento (20); e

mudar a condição de resfriamento na primeira seção de resfriamento (10) com base na temperatura de lado de entrada medida da tira de aço (5), e controlar a temperatura de lado de entrada da tira de aço (5) para cair dentro de uma faixa predeterminada.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, o método caracterizado pelo fato de que inclui ainda:

medir uma temperatura de lado de saída da tira de aço (5) no lado de saída na segunda seção de resfriamento (20); e

mudar uma condição de resfriamento em uma terceira seção de resfriamento (30) disposta após a segunda seção de resfriamento (20) com base na temperatura de lado de saída medida da tira de aço (5), e controlar uma temperatura de bobinamento da tira de aço (5) para cair dentro de uma faixa predeterminada.

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que a segunda seção de resfriamento (20) inclui uma seção de resfriamento dianteira, uma seção de resfriamento média, e uma seção de resfriamento traseira, e

o método ainda inclui:

medir uma temperatura de lado de saída da tira de aço (5) em um lado de saída da seção de resfriamento dianteira; e

mudar uma condição de resfriamento na seção de resfriamento média com base na temperatura de lado de saída medida da tira de aço (5) na seção de resfriamento dianteira, e controlar temperatura da tira de aço (5) em um lado de entrada da seção de resfriamento traseira para cair dentro de uma faixa predeterminada.

FIG. 1

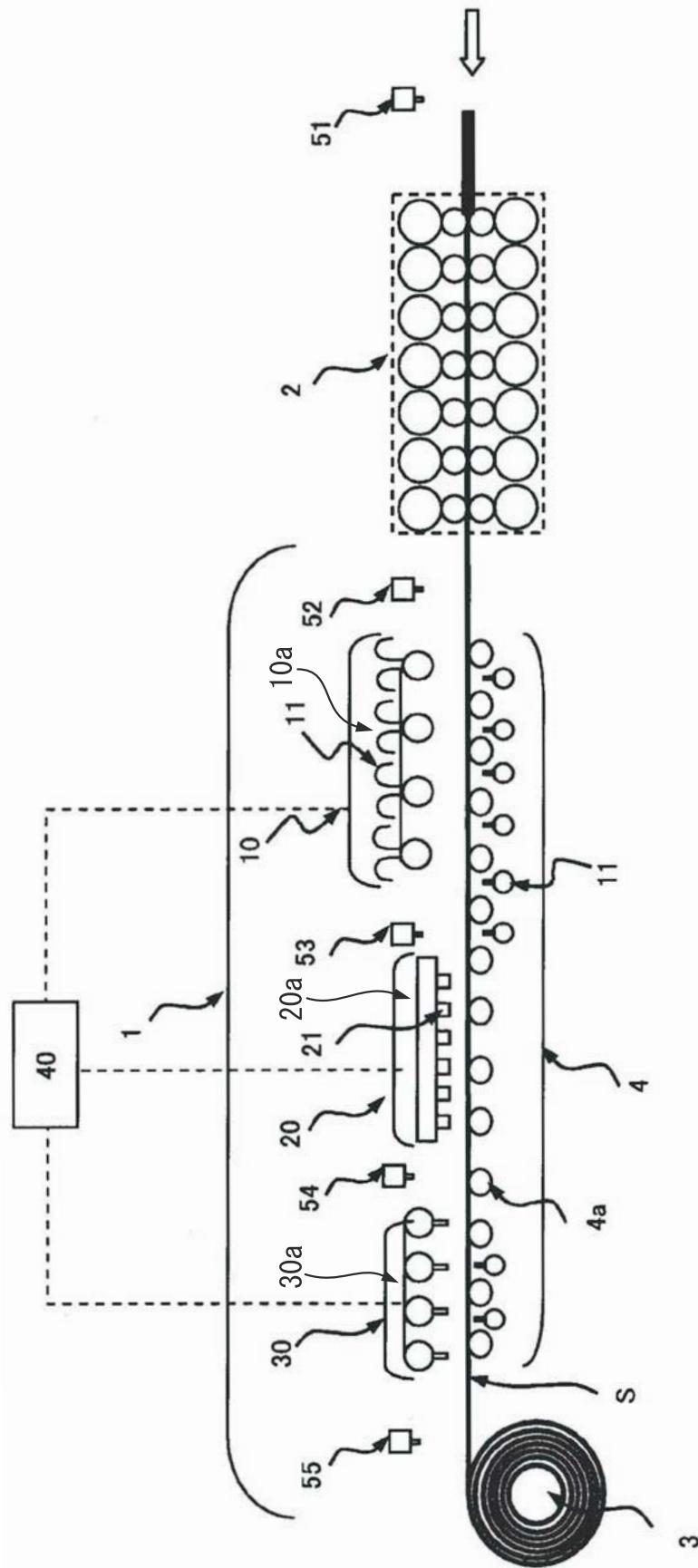


FIG. 2

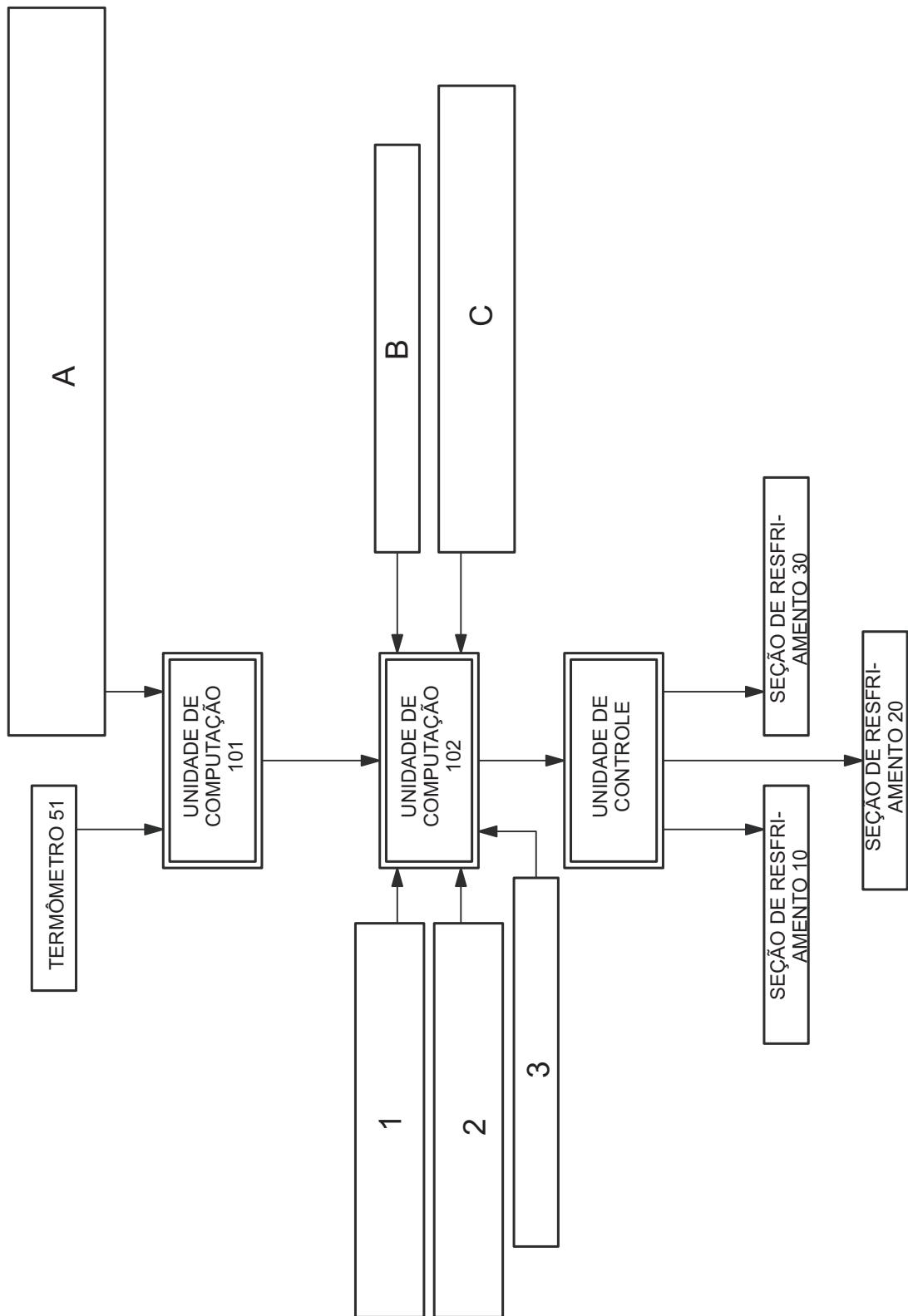


FIG. 3

VELOCIDADE DE TRANSPORTE

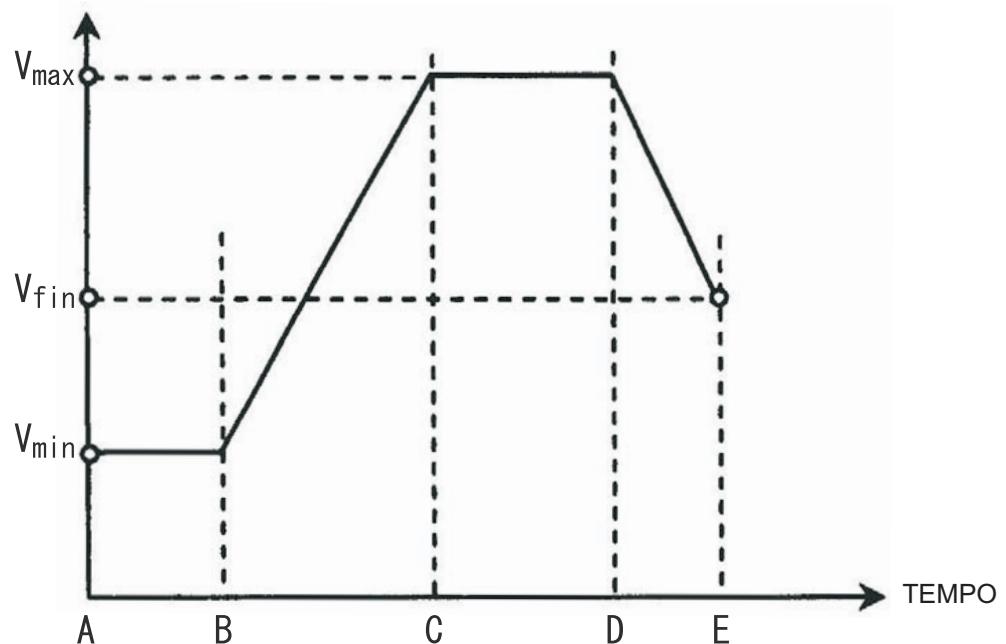


FIG. 4

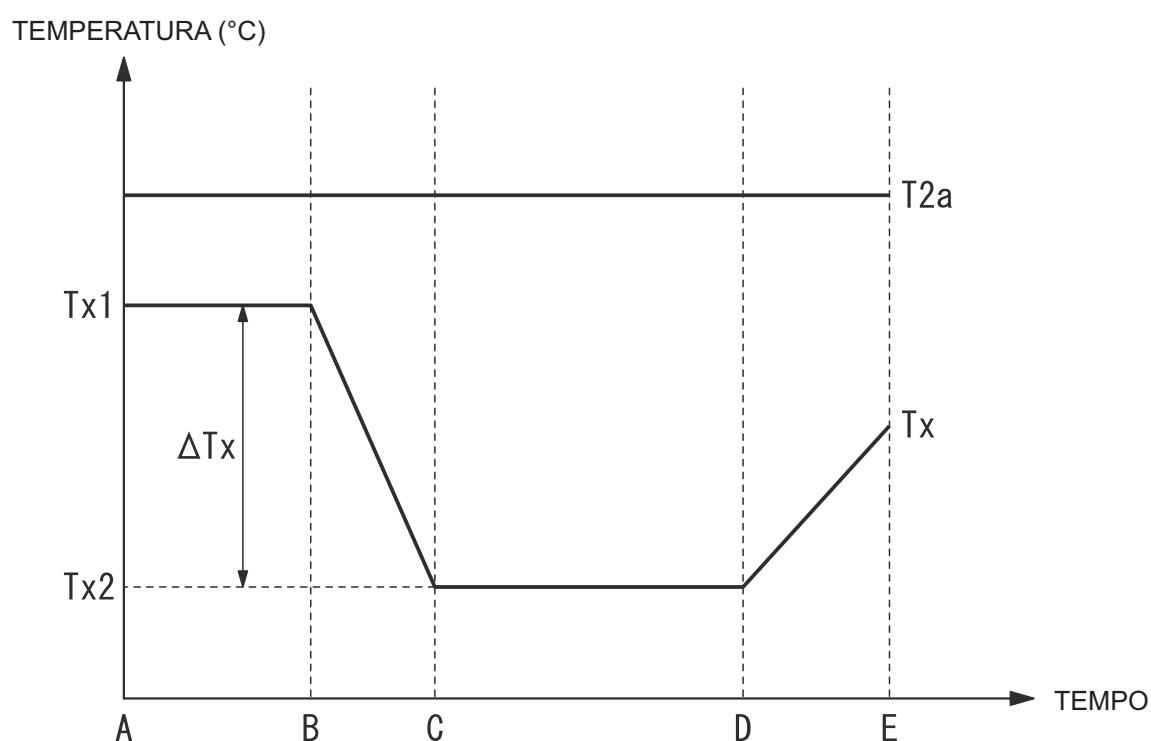


FIG. 5

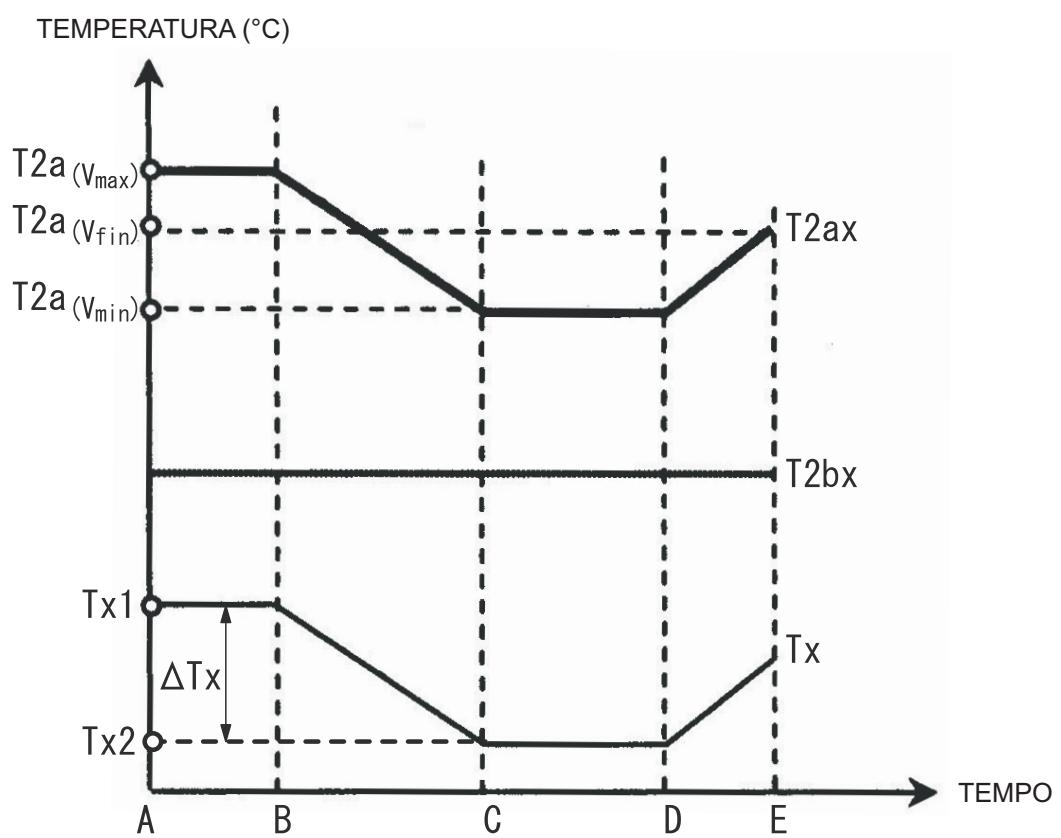


FIG. 6

CONDUTIVIDADE  
TÉRMICA

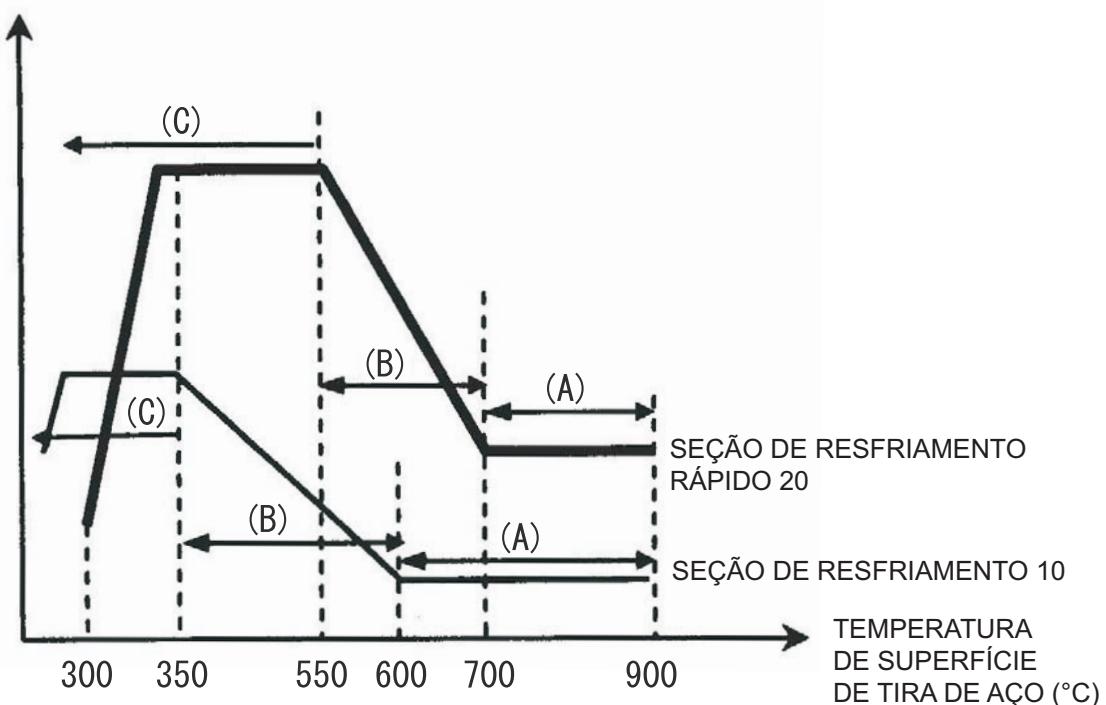


FIG. 7

