



INPI
INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0819185-9

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0819185-9

(22) Data do Depósito: 22/10/2008

(43) Data da Publicação do Pedido: 14/05/2009

(51) Classificação Internacional: B23K 13/08; B23K 13/00; B23K 13/02; H05B 3/00; H05B 6/06; H05B 6/10.

(30) Prioridade Unionista: JP 2007-287621 de 05/11/2007.

(54) Título: APARELHO E MÉTODO DE AQUECIMENTO DA ZONA DE SOLDA DO MATERIAL DE TUBO DE AÇO.

(73) Titular: NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION, Sociedade Japonesa. Endereço: 6-1, Marunouchi 2-Chome, Chiyoda-Ku, Tokyo 100-8071, JP-Japão., JAPÃO(JP)

(72) Inventor: KAZUHIKO FUKUTANI; KENJI UMETSU; YOSHIAKI NAKAMURA; KAZUTO YAMAMOTO; TAKASHI MIYAKAWA; RYUICHI SHIMADA; TADAYUKI KITAHARA; TAKANORI ISOBE.

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 05/02/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 05/02/2019

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**APARELHO E MÉTODO DE AQUECIMENTO DA ZONA DE SOLDA DO MATERIAL DE TUBO DE AÇO**".

DESCRIÇÃO

5 CAMPO DA TÉCNICA

A presente invenção refere-se a uma tecnologia para aquecer de forma contínua uma zona de solda por indução eletromagnética ou fornecimento direto de energia elétrica, onde o material a ser aquecido é um material de tubo de aço em movimento. Ele refere-se particularmente a um aparelho e um método de aquecimento adequados para o aquecimento que realizam os valores desejados da distribuição de temperatura da zona de solda, a forma da zona de solda fundida e flutuação de frequência de solda durante a soldagem, independentemente da forma ou propriedades do material aquecido.

15 ANTECEDENTES DA TÉCNICA

No aquecimento por resistência elétrica, o material sendo aquecido é aquecido através do calor de Joule produzido pela corrente elétrica gerada no material de metal, que é o material que está sendo aquecido, e da resistividade do material que está sendo aquecido. Como tal, o aquecimento por resistência elétrica é visto como um método de aquecimento limpo e utilizado particularmente na indústria siderúrgica, mas também amplamente em todo o setor industrial. Aquecimento por resistência elétrica inclui um método no qual um fluxo magnético alternado gerado a partir de uma bobina eletromagnética passando a corrente excitada alternada através da bobina eletromagnética é aplicado ao material a ser aquecido para produzir corrente induzida no material a ser aquecido (aqui chamado de método de aquecimento de indução) e outro método no qual os contatos (dois eletrodos) são trazidos em contato com o material a ser aquecido para aplicar diretamente a corrente elétrica (aqui chamado de método de aquecimento elétrico direto).

30 Conforme indicado pela equação (1), a frequência gerada do fluxo magnético alternado a partir da bobina eletromagnética no método de aquecimento de indução ou da corrente elétrica aplicada diretamente no mé-

todo de aquecimento elétrico direto determina a profundidade da superfície do material a ser aquecido para o qual a corrente passa através do material a ser aquecido (profundidade de penetração: δ). Portanto, a fim de aquecer o material a ser aquecido para a distribuição de temperatura desejada, é necessário ajustar a frequência da corrente em um valor adequado em função do diâmetro, espessura e outros aspectos da forma do material que está sendo aquecido e seus valores de propriedade eletromagnética. Da observação particular, é que o material de tubo de aço de material ferromagnético comum possui uma permeabilidade relativa $\mu\gamma$ consideravelmente maior do que 1 (por exemplo, 1 a 10) para que a profundidade de penetração δ dependa fortemente da mudança de frequência.

$$\delta \propto \{\rho / (\mu\gamma \cdot f)\}^{1/2} \quad <1>$$

onde ρ : resistividade do material aquecido, $\mu\gamma$: permeabilidade relativa do material aquecido, e f : frequência do fluxo magnético alternado ou da corrente elétrica aplicada diretamente.

Neste contexto, quando a bobina eletromagnética para aquecimento por indução for excitada com um fornecimento de energia de aquecimento, a prática usual é configurar um circuito ressonante de um capacitor (capacitância: C), conectado como disposto em paralelo ou em série com a bobina eletromagnética e aplicar corrente a uma frequência próxima da frequência de ressonância (f), expresso pela Equação <2> (vide, por exemplo, Patente de Publicação Japonesa (A) 2004-127854, e Patente de Publicação Japonesa (A) H03-1478).

$$f = 1 / \{2 \pi (L \cdot C)\}^{1/2} \quad <2>$$

em que L significa o valor da propriedade eletromagnética do material aquecido, o que no caso do método de aquecimento por indução é a indutância do sistema de bobina determinado por aspectos da configuração da bobina, tais como o número de voltas e as dimensões da bobina da bobina eletromagnética e o arranjo de posicionamento da bobina eletromagnética e material a ser aquecido.

Além disso, a fim de excitar o circuito ressonante com boa eficiência energética, um casador de impedância para a melhoria do fator de e-

nergia é, por vezes, instalado entre o circuito ressonante e o fornecimento de energia de aquecimento (vide, por exemplo, Publicação da Patente Japonesa (A) 2004-127854, Publicação da Patente Japonesa (A) H03-1478, e a Publicação da Patente Japonesa (A) H06-124775).

5 A Publicação da Patente Japonesa (A) H03-1478 e da Publicação da Patente Japonesa (A) H06-124775 ensinam técnicas para desempenhar aquecimento através de um método de determinação de antecedência e fixar uma frequência adequada para a espessura, largura, tipo de aço e outras propriedades e aspectos da forma do material a ser aquecido. A Publicação da Patente Japonesa (A) H03-1478 ensina um dispositivo de aquecimento por indução de alta frequência para o recozimento local de tubo de aço e similares, que é um fornecimento de energia do tipo inversor que permite que a frequência da corrente de excitação seja predefinida para a forma da bobina eletromagnética e similar e não seja danificada durante a sobrecarga. A Publicação da Patente Japonesa (A) H06-124775 ensina um dispositivo de aquecimento por indução de alta frequência para preaquecer ou pós-aquecer para soldagem topo a topo de material de tubo de aço e similares, em que múltiplas bobinas eletromagnéticas são fornecidas na zona de solda e as múltiplas bobinas eletromagnéticas são comutadas para passar de forma eficiente a corrente de alta frequência.

 Em uma linha de produção para tubo de aço ou similar, a fim de alcançar qualidade uniforme no que diz respeito à resistência e outras propriedades de material da zona de solda e seus arredores, o aquecimento e soldagem contínua da zona de solda do material aquecido, enquanto o material de tubo de aço ou outro material aquecido que está sendo veiculado por meio de um dispositivo de aquecimento por indução utilizando uma bobina eletromagnética ou um dispositivo de aquecimento elétrico direto com contatos devem ser conduzidos de forma a difundir as formas / valores desejados para a distribuição de temperatura na direção da espessura da zona de solda, a forma da zona de solda fundida, e a flutuação de frequência de solda durante a soldagem.

 No entanto, durante o aquecimento por indutância do material

que está sendo aquecido, as mudanças L de indutância amplamente com a variação na forma e propriedades do material que está sendo aquecido. Além disso, as diferenças na forma do material aquecido mudam a forma como os fluxos de corrente de aquecimento, que mudam amplamente não somente a taxa de geração de calor e a distribuição do calor na zona de solda, mas também a distribuição de temperatura resultante da direção de espessura da zona de solda, forma da zona de solda fundida, e flutuação de frequência de solda durante a soldagem.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

10 Neste contexto, no que diz respeito aos fornecimentos de energia estabelecidos na referida Publicação da Patente (A) 2004-127854 e Publicação da Patente (A) H03-1478, uma vez que a temperatura do material que está sendo aquecido é regulada pelo controle da tensão de excitação da bobina de aquecimento ou a tensão dos contatos e, como acima apontado, a indução do sistema de bobina eletromagnética que no material aquecido e a bobina eletromagnética varia, o casamento de impedância é implementado através da instalação de um transformador de alta frequência entre o fornecimento de energia de aquecimento e bobina eletromagnética. No entanto, a regulamentação é difícil durante a aplicação atual, enquanto que o fato de a regulamentação dever ser realizada para cada espessura, a largura e o tipo de aço do material a ser aquecido também tem sido um problema. Além disso, a instalação do transformador de alta frequência degrada a eficiência de aquecimento. E quando a configuração do circuito ressonante citada for aprovada, é necessário, conforme indicado pela equação <2>, fazer o capacitor correspondente (C) variável em relação às diferentes frequências f. No entanto, o capacitor de correspondência é muito difícil de ajustar durante o aquecimento, o que coloca um problema de ser difícil durante o aquecimento por indução de excitação do material aquecido para alterar a frequência de excitação em resposta às mudanças no diâmetro, espessura e outros aspectos das formas do material aquecido e em suas propriedades físicas.

30 Por outro lado, em relação ao método de variação da frequência da corrente aplicada à bobina eletromagnética, a Publicação da Patente (A)

2004-127854 ensina uma tecnologia de dispositivo de aquecimento por indução em que a bobina de aquecimento é dividida em múltiplas bobinas de elemento e a frequência é variada selecionando a frequência da corrente aplicada separadamente para cada elemento da bobina. No entanto, a necessidade de uma unidade de fornecimento de energia para cada bobina de elemento tem sido um problema, porque aumenta o custo de instalação do dispositivo de aquecimento.

Em vista dos problemas acima referidos da técnica anterior, a presente invenção tem um primeiro objetivo, durante o aquecimento contínuo e soldagem de materiais do tubo de aço como o material a ser aquecido, estabelecendo a distribuição de temperatura da zona de solda com maior precisão e maior eficiência até então, assim, percebendo a excelente qualidade da solda, independentemente da forma do material a ser aquecido ou das propriedades do material a ser aquecido, e um objeto segundo e um terceiro objeto do controle da forma da zona de solda fundida e a flutuação de frequência durante a soldagem, respectivamente.

(1) O aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço da presente invenção é um aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço que, ao fazer um material de tubo de aço tubular enquanto dobra uma chapa de aço em movimento para forma cilíndrica, utiliza uma frequência variável alternando o fornecimento de energia atual, cuja frequência é variável dentro de uma faixa de frequência pre-determinada, para gerar calor de Joule passando das faces finais próximas da corrente alternada do material de tubo de aço para derreter continuamente e soldar com pressão uma zona de solda do material de tubo de aço, que é caracterizado pelo fato de compreender: primeiro meio de imagem instalado em frente a uma zona de solda de face final do material de tubo de aço que autodetecta a luz emitida da zona de solda e gera uma imagem de brilho; uma computação da distribuição de temperatura da zona de solda significa que desempenha o processamento de imagem com base na imagem de brilho e aplica a medição de temperatura de luz emitida para computar a distribuição da temperatura de direção da espessura da chapa da zona de sol-

da, meio de controle de aquecimento que, através da utilização de um critério predefinido a partir das dimensões e propriedades eletromagnéticas do material de tubo de aço para avaliar a relação entre a frequência da corrente alternada e distribuição de temperatura de direção da espessura da chapa, determina a frequência da corrente alternada, com base na distribuição da temperatura de direção da espessura da chapa; e fornecimento de energia da corrente alternada de frequência variável para passar através da corrente alternada do material de tubo de aço da frequência determinada pelo meio de controle de aquecimento.

10 (2) Também é caracterizado pelo fato de que o aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço citado acima compreende adicionalmente: segundo meio de imagem que mostra a zona de solda do material de tubo de aço proveniente do acima e gera uma imagem plana do material de aço fundido, imediatamente após soldagem por pressão do material de tubo de aço; e a medição da forma fundida da zona de solda significa que verifica a forma fundida com base na imagem plana e gera um valor de largura da zona fundida, em que o meio de controle de aquecimento, através da utilização de um critério predefinido para avaliar a largura da zona fundida e o critério para avaliar a relação entre a frequência de corrente alternada e a distribuição de temperatura na direção da espessura da chapa, determina a frequência da corrente alternada com base no valor da largura de zona fundida e a distribuição de temperatura na direção da espessura da placa.

25 (3) É também caracterizado pelo fato de que o aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço citado acima compreende adicionalmente: medição em forma de onda da corrente fundida significa que medir a forma de onda atual da corrente alternada; e medição da flutuação de frequência de soldagem significa que, com base em uma saída em forma de onda atual através do meio de medição em forma de onda da corrente fundida, verifica e gera um valor de flutuação em função do tempo de frequência da soldagem que é a amplitude de flutuação em função do tempo da frequência em forma de onda atual, em que o meio de controle

de aquecimento compara adicionalmente o valor de flutuação em função do tempo da frequência de soldagem com um valor admissível predeterminado e determina a frequência da corrente alternada.

5 (4) É também caracterizado pelo fato de que o aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço citado acima compreende adicionalmente: uma bobina de aquecimento eletromagnético que está instalada na direção circunferencial externa do material de tubo de aço para ser substancialmente coaxial com o material de tubo de aço e é fornecido com corrente de excitação a partir da fonte de alimentação de corrente
10 alternada de frequência variável para desempenhar o aquecimento induzido a corrente alternada no material de tubo de aço.

(5) Além disso, os meios de controle de aquecimento podem ser configurados para determinar a frequência e o valor atual da corrente de excitação da bobina de aquecimento eletromagnético e controlar a fonte de
15 alimentação de corrente alternada de frequência variável.

(6) Além disso, o aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço citado pode ser equipado com um par de contatos de aquecimento elétrico direto instalado nas extremidades opostas da chapa de aço através da zona de solda proveniente de cada uma como eletrodos
20 que aplicam a corrente alternada a partir da fonte de alimentação de corrente alternada.

(7) Além disso, os meios de controle de aquecimento podem ser configurados para determinar a frequência e o valor atual da corrente alternada fornecido aos contatos de aquecimento elétrico direto e controlam a
25 fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável.

(8) Além disso, a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável pode ser uma fonte de alimentação de corrente alternada do tipo de recuperação de energia magnética e sua frequência pode ser feita de forma contínua ou discreta variável.

30 (9) O método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço da presente invenção é um método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço que, ao fazer um material de tubo de aço

tubular enquanto dobrando uma chapa de aço em movimento para forma cilíndrica, utiliza uma fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável, cuja frequência é variável dentro de uma faixa de frequência predeterminada, para gerar calor de Joule passando a corrente alternada próximo das faces finais do material de tubo de aço para fundir continuamente e soldar por pressão uma zona de solda do material de tubo de aço, que é caracterizado pelo fato de que compreende: uma primeira etapa de imagem na qual o primeiro meio de imagem instalado oposto a uma zona de solda de face final do material de tubo de aço é utilizada para autodetectar a luz emitida da zona de solda e gera uma imagem de brilho; uma etapa de computação da distribuição de temperatura da zona de solda na qual o processamento de imagem é desempenhado com base na medição de temperatura da imagem de brilho e da luz emitida é aplicado para computar a distribuição de temperatura na direção da espessura da chapa da zona de solda; uma etapa de controle de aquecimento na qual um critério predefinido a partir das dimensões e propriedades eletromagnéticas do material de tubo de aço para avaliar a relação entre a frequência da corrente alternada e a distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa é utilizada para determinar a frequência da corrente alternada com base na distribuição da temperatura na direção de espessura da chapa; e uma etapa na qual fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável é utilizado para passar através da corrente alternada do material de tubo de aço da frequência determinada na etapa de controle de aquecimento.

(10) É também caracterizado pelo fato de que o método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço compreende adicionalmente: uma segunda etapa de imagem utilizando o segundo meio de imagem para mostrar a zona de solda do material de tubo de aço proveniente do acima e gera uma imagem plana do material de aço fundido imediatamente após soldar por pressão o material de tubo de aço; e uma etapa de medição da forma de fusão a zona de solda para verificar a forma de fusão com base na imagem plana e gerar um valor de largura da zona de solda, em que a etapa de controle de aquecimento, através do uso de um critério

predefinido para avaliar a largura da zona fundida e o critério para avaliar a relação entre a frequência de corrente alternada e a distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa, determina a frequência da corrente alternada, com base no valor de largura da zona fundida e na distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa.

(11) É também caracterizado pelo fato de que o método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço acima citado compreende adicionalmente: uma etapa de medição de corrente de soldagem em forma de onda da corrente fundida de medir a forma de onda atual da corrente alternada; e uma etapa de medição de flutuação de frequência de soldagem, com base em uma saída em forma de onda atual na etapa de medição da forma de onda da corrente de soldagem, verificando e gerando um valor de flutuação em função do tempo de frequência de soldagem que é a amplitude de variação em função do tempo da frequência em forma de atual, em que a etapa de controle de aquecimento compara adicionalmente o valor de flutuação em função do tempo da frequência de soldagem com um valor predeterminado admissível e determina a frequência da corrente alternada.

(12) É também caracterizado pelo fato de que, no método de aquecimento da zona de solda referido do material de tubo de aço acima citado, a corrente de excitação proveniente da fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável é fornecida para uma bobina de aquecimento eletromagnético instalado na direção circunferencial externa do material de tubo de aço para ser substancialmente coaxial com o material de tubo de aço, assim, desempenhando aquecimento induzindo a corrente alternada no material de tubo de aço, ou o aquecimento é desempenhado passando a corrente alternada através do material de tubo de aço utilizando contatos de aquecimento elétrico direto instalado em extremidades opostas da chapa de aço através da zona de solda entre si para aplicar a corrente alternada proveniente da fonte de alimentação de corrente alternada.

(13) Além disso, é possível na etapa de controle de aquecimento determinar a frequência e o valor atual da corrente de excitação da bobina

de aquecimento eletromagnético e controlar a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável ou determinar a frequência e o valor atual da corrente alternada fornecida aos contatos de aquecimento elétrico direto e controlar a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável.

(14) Além disso, é possível no método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço acima citado para a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável utilizado para ser uma fonte de alimentação de corrente alternada do tipo de recuperação de energia magnética e para sua frequência ser feita continuamente ou discretamente variável.

(15) O tubo de aço da presente invenção é caracterizado pelo fato de que ele é produzido através do aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço acima referido ou método de aquecimento da zona de solda.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 (a) é um diagrama esquemático do arranjo de um aquecedor de material de tubo de aço do tipo de aquecimento por indução.

A Figura 1 (b) é um diagrama esquemático do arranjo de um aquecedor de tubo de aço do tipo de aquecimento elétrico direto.

A Figura 2 (a) é um diagrama esquemático de um aparelho de aquecimento por indução da zona de solda do material de tubo de aço do tipo de aquecimento por indução em um modo de realização da presente invenção.

A Figura 2 (b) é um diagrama esquemático de um aparelho de aquecimento por indução da zona de solda do material de tubo de aço do tipo de aquecimento elétrico direto em um modo de realização da presente invenção.

A Figura 3 é uma vista esquemática da distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa (distribuição de brilho) de uma zona fundida.

A Figura 4 (a) é um diagrama esquemático mostrando a relação

entre a frequência e o padrão de aumento da temperatura em um modo de realização da presente invenção, indicando o caso do tipo de aço A.

A Figura 4 (b) é um diagrama esquemático mostrando a relação entre a frequência e o padrão de aumento da temperatura em um modo de realização da presente invenção, indicando o caso do tipo de aço B.

A Figura 5 é um exemplo de um dispositivo de frequência variável em um modo de realização da presente invenção.

A Figura 6 é um diagrama esquemático em perspectiva da zona de solda de um tubo de aço na presente invenção.

A Figura 7 (a) é um diagrama esquemático para explicar a forma de fusão imediatamente após a zona de solda do tubo de aço na presente invenção, indicando o caso de $Z < (Z_0 - \Delta Z)$.

A Figura 7 (b) é um diagrama esquemático para explicar a condição de fusão, imediatamente após a zona de solda do tubo de aço na presente invenção, indicando o caso de $Z = (Z_0 \pm \Delta Z)$.

A Figura 7 (c) é um diagrama esquemático para explicar a condição de fusão, imediatamente após a zona de solda do tubo de aço na presente invenção, indicando o caso de $Z > (Z_0 + \Delta Z)$.

MELHOR MODO PARA REALIZAR A INVENÇÃO

Os modos preferidos para realizar a presente invenção são explicados abaixo com referência aos desenhos. Note que na especificação e desenhos, elementos constituintes possuindo substancialmente a mesma função e configuração são atribuídos como símbolos para evitar explicação redundante.

Como indicado pela Equação <1>, quando um tubo de aço é aquecido como o material a ser aquecido, a profundidade de penetração δ é alterada, quer pela alteração da periodicidade do fluxo magnético alternado gerado pela bobina de excitação ou alterando a frequência quando conduzindo o aquecimento elétrico direto, é possível alterar a quantidade de calor gerado na direção de espessura do material a ser aquecido. No que diz respeito à quantidade desejada de calor, é suficiente definir a energia aplicada e a profundidade de penetração δ e aplicar a corrente de excitação da fre-

quência determinada pela Equação <1> à bobina eletromagnética ou aos contatos. A presente invenção é uma técnica que controla com precisão o calor da zona de solda do material de tubo de aço e distribuição do mesmo, centrando-se sobre este ponto.

5 Os modos de realização da presente invenção serão explicados em detalhes utilizando os desenhos, tomando como um exemplo o método de aquecimento e aparelhos de aquecimento para um material aquecido que seja um material de tubo de aço em movimento através de uma linha de produção de tubo de aço. Observe que, para fácil entendimento dos mesmos
10 símbolos são utilizados para indicar os mesmos itens ao longo dos desenhos.

A Figura 1 apresenta uma vista geral de exemplos de soldagem eletromagnética de tubo de aço soldado em um processo de produção de tubo de aço utilizando o material de tubo de aço como o material aquecido.
15 Aqui, a Figura 1 (a) é um diagrama esquemático da configuração, uma vez que aquece o material a ser aquecido pelo método de aquecimento por indução, e a Figura 1 (b) é um diagrama esquemático da configuração, uma vez que aquece o material a ser aquecido pelo método de aquecimento elétrico direto

20 Primeira modalidade

A seguir, um aparelho de aquecimento da zona de solda quando adota o método de aquecimento por indução da Figura 1 (a) será explicado primeiramente como uma primeira modalidade. Nesta modalidade, uma placa de aço de espessura t constituindo um material de tubo de aço em movimento em sua direção longitudinal na linha de produção é dobrada progressivamente em sua direção lateral e formada em forma tubular utilizando rolos, e na face final 12 dos lados de dobra opostos é aquecida e progressivamente soldada de forma contínua a partir da extremidade. Uma bobina de aquecimento eletromagnético 2 é instalada de modo que a sua volta permaneça substancialmente paralela à direção circunferencial externa do tubo 10,
25 ou seja, de forma a ser substancialmente coaxial com o tubo 10, e um núcleo inibidor 11, que é um ferromagnético de grande permeabilidade relativa
30

é instalado no interior do tubo 10 na direção longitudinal do tubo de aço, aumentando assim a eficiência de aquecimento, reduzindo a vazão para o lado externo do fluxo magnético alternado gerado pela passagem de corrente alternada através da bobina de aquecimento eletromagnético 2. Um fluxo magnético alternado é gerado utilizando uma fonte de alimentação de excitação para passar corrente alternada de uma frequência predeterminada através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 e o fluxo magnético alternado gera corrente induzida no tubo 10. A zona de solda 20 do tubo 10 é derretida pelo aquecimento para acima de uma determinada temperatura, e as faces finais são pressionadas em conjunto e soldadas por uma máquina de soldagem por pressão (não mostrada) instalada a jusante do aparelho de aquecimento da zona de solda. A Figura 6 é um diagrama em perspectiva mostrando uma vista geral da zona de solda e sua vizinhança quando vista em um ângulo proveniente da direção de viagem do tubo de aço. As faces finais de esquerda e da direita da chapa de aço são soldadas por pressão em uma linha de junção 21. Em outras palavras, como visto na superfície do tubo de aço, o material aquecido (chapa de aço) 10 é feito em um tubo de aço, forçando-o em contato a partir da esquerda e direita com a zona de solda entre os dois. A zona de solda 20 é a região das bordas da linha de junção, cujo comprimento de um lado é definido como M.

Quando a profundidade de penetração da própria corrente induzida, para o efeito de superfície, em resposta à corrente alternada é superficial, a distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa da zona de solda do tubo 10 torna-se uma distribuição de temperatura em que a temperatura no centro da espessura da chapa é inferior à temperatura na frente da espessura da chapa e as superfícies traseiras da chapa de aço. Além disso, a profundidade de penetração da corrente induzida passando através do tubo 10 difere dependendo do diâmetro, espessura e propriedades do material do tubo 10, tornando assim a distribuição de temperatura do material de aço aquecido por indução diferente, em que a forma da parte fundida do material de aço da zona de solda, isto é, a forma derretida, torna-se diferente. Quando um material de tubo de aço, possuindo tal distribuição

de temperatura na direção de espessura da chapa e a forma de fusão é soldada por pressão através da máquina de soldagem por pressão (não mostrada) instalada na parte de trás da zona de solda, defeitos de solda, tais como o seguinte pode ocorrer devido à diferença na forma de fusão e flutuação da forma de fusão. Ou seja, a condição de fundido do material de aço flutua na direção da espessura, devido à diferença na frequência da corrente alternada passar através do aquecimento da bobina eletromagnética 2, de modo que, por exemplo, quando o aquecimento for conduzido sob condições de aquecimento para estabelecer corretamente a temperatura e a forma de fusão no centro da espessura da chapa do tubo 10, a temperatura na frente da espessura da chapa e as regiões de superfície traseira tornam-se superiores ao valor prescrito de modo que a fusão excessiva ocorra, enquanto ao contrário, quando o aquecimento for conduzido sob condições de aquecimento para estabelecer corretamente a temperatura e a forma de fusão na frente da espessura da chapa e nas regiões de superfície traseira, deficiência de temperatura e insuficiência de fusão ocorrer no centro da espessura da chapa, o que prejudica a qualidade da zona de solda, causando assim problemas de produção de tubos de aço e dando origem aos materiais de qualidade inaceitável.

Um diagrama esquemático do aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço do tipo de aquecimento por indução da presente modalidade é mostrado na Figura 2 (a). Como mostrado na Figura 2 (a), o aparelho de aquecimento compreende o aquecimento da bobina eletromagnética 2 instalada fora do tubo de 10 para encerrar o tubo na direção longitudinal, uma fonte de alimentação de frequência variável 1 para excitar a bobina de aquecimento eletromagnético 2, cuja frequência é continuamente variável dentro de um faixa de frequência predefinida, uma primeira unidade de imagem da zona de solda 3 instalada a jusante da bobina de aquecimento eletromagnético da etapa 2 e obliquamente acima da zona de solda do tubo 10 para mostrar para a distribuição de brilho devido à luz autoemitida na direção da espessura da chapa na zona de solda do tubo 10 e tomando quadros de imagens tal como mostrado na Figura 6, uma unidade de

computação da distribuição de temperatura da zona de solda 4 para saída de imagens de distribuição de brilho em direção da espessura da chapa da zona de solda processando imagem a partir da primeira unidade de imagem da zona de solda 3 e utilizando termometria de radiação para gerar a zona de distribuição de temperatura bidimensional da zona de solda cujos eixos estão na direção da espessura da zona de solda e na direção longitudinal do material de aço, uma segunda unidade de imagem 17 instalada acima da zona de solda para tomar as imagens (imagens de plano) da zona de solda, como visto a partir do acima (acima da superfície do material de aço), uma unidade de medição da forma de fusão da zona de solda 14 para obter a forma derretida da zona de solda, como visto de cima, com base na saída da imagem plana a partir da segunda unidade da zona de solda 17 e a gerando como um valor da forma de fusão medida, uma unidade de medição de flutuação de frequência de soldagem 15 para processar por sinal uma forma de onda de soldagem da corrente de excitação da bobina de aquecimento eletromagnético 2 saída de uma unidade de medição em forma de onda da corrente de soldagem 16 gerando a frequência da corrente de excitação (valor de frequência de soldagem: P_{Fo}) e a sua amplitude de flutuação (ΔF_o) e uma unidade de controle de aquecimento 9 para controlar a fonte de alimentação de frequência variável 1 para regular a corrente de excitação para que a distribuição de temperatura e a forma de fusão na direção da espessura da chapa da zona de solda do tubo 10, e a frequência de soldagem assume valores de condição predefinidos.

Note que a unidade de computação de distribuição de temperatura da zona de solda 4, unidade de medição de flutuação da frequência de soldagem 15, e unidade de medição da forma de fusão da zona de solda 14 são chamados coletivamente de uma unidade de medição da condição de soldagem 5. Além disso, a unidade de medição em forma de onda da corrente de soldagem 16 pode ser constituída como um resistor, a sonda da corrente ou outro sensor de detecção de corrente fornecido em série com cabos que ligam a fonte de alimentação de frequência variável e a bobina de aquecimento eletromagnético 2.

1. Controle da corrente de excitação com base na distribuição de temperatura na direção da espessura da chapa da solda de placa.

A primeira unidade de imagem da zona de solda 3 é um exemplo do primeiro meio de imagem, e como a primeira unidade de imagem da zona de solda 3 é possível utilizar, por exemplo, uma câmera de alta resolução, tal como uma câmera CCD comercialmente disponível, ou seja, uma câmera de alta resolução que está alojada em uma caixa de blindagem magnética e adquire a distribuição de brilho bidimensional na direção da espessura da chapa da zona de solda e na direção longitudinal das faces finais da chapa de aço como uma imagem de quadro como aquela mostrada na Figura 6 (primeira etapa de imagem). A distribuição de brilho e a distribuição de temperatura com relação a uma dimensão (direção da espessura da chapa da zona de solda) são mostradas na Figura 3. A saída de imagem da distribuição de brilho proveniente da primeira unidade de imagem da zona de solda 3 é de imagens processadas pela unidade de computação da distribuição de temperatura da zona de solda 4, que é um exemplo do meio de computação de distribuição de temperatura da zona de solda para extrair a zona de solda, e o brilho é convertido para temperatura pixel por pixel, por exemplo, através de termometria de radiação, a tecnologia convencional, para obter uma distribuição de temperatura bidimensional da zona de solda da distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa da zona de solda e na direção longitudinal da chapa de aço (etapa de medição da distribuição de temperatura, etapa de computação da distribuição de temperatura da zona de solda).

Note que, enquanto a distribuição de temperatura bidimensional da zona de solda acima referida pode ser utilizada como a distribuição de temperatura da zona de solda para avaliar a aprovação / reprovação dos mesmos, também é possível tomar o comprimento M da zona de solda mostrada na Figura 6, como, por exemplo, 10 mm, média na direção longitudinal da chapa de aço nesta parte para calcular uma distribuição de temperatura na direção da espessura da folha de uma dimensão, tal como mostrado na Figura 3, e avaliar a sua aprovação / reprovação. Embora a explicação

a seguir seja feita tomando a distribuição de temperatura na direção da espessura da chapa de uma dimensão como um exemplo, substancialmente a mesma avaliação de aprovação / reprovação pode obviamente ser também implementada no caso bidimensional.

5 Na zona de solda do tubo 10, o fluxo magnético alternado gerado pela passagem da corrente de excitação através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 produz corrente induzida nas superfícies dianteira e traseira do tubo de aço, esquematicamente indicado pelas linhas tracejadas na Figura 2 (a). A zona de solda do tubo 10 é aquecida pelo calor de Joule
10 produzido por esta corrente induzida e a resistência do tubo 10. Aqui, como indicado pela Equação <1>, a profundidade de penetração da corrente induzida na direção da espessura da chapa do tubo de aço varia com a frequência do fluxo magnético alternado devido à passagem da corrente através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 e as propriedades eletromagnéticas
15 atribuíveis ao tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição e estrutura). Nesta modalidade, a profundidade de penetração da passagem de corrente induzida através do tubo 10 é controlada controlando dinamicamente a frequência da passagem da corrente através da bobina de aquecimento eletromagnético 2, em conformidade com as di-
20 mensões / tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura), as propriedades do material (composição, estrutura), e propriedades eletromagnéticas.

A unidade de controle de aquecimento 9 mostrada na Figura 2 (a) é um exemplo do meio de controle de aquecimento e compreende a unidade de cálculo de elevação da temperatura da zona de solda 7 que utiliza a
25 frequência f da corrente de excitação como uma variável para calcular o aumento de temperatura na direção da espessura da chapa da zona de solda com base no tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura), tipo de aço, velocidade de viagem do tubo de aço e outros dados de produção previamente armazenados no banco de dados de aquecimento 6 (incluindo o cro-
30 nograma de produção, ou seja, a ordem dos lotes de produção, e as condições de produção do lote individual) e a unidade de determinação da frequência 8, que calcula a frequência da corrente de excitação utilizando a

entrada da frequência da corrente de excitação (valor de frequência de soldagem: F_0) proveniente da unidade de medição de flutuação de frequência de soldagem 15, a saída da distribuição de temperatura unidimensional da zona de solda através da unidade de computação da distribuição de temperatura da zona de solda 4, e o resultado de derivação da unidade de cálculo de aumento da temperatura da zona de solda 7 (etapa de controle de aquecimento).

A unidade de determinação da frequência 8 pode ser configurada para determinar não apenas a frequência, mas também, concomitantemente a amperagem e/ou a tensão da corrente aplicada à bobina de aquecimento eletromagnético 2. Nesta modalidade, será feita uma explicação sobre o caso em que a amperagem da corrente (amplitude) é pré-ajustada para um valor adequado que permite experimentalmente o aquecimento da zona de solda para uma região de temperatura prescrita.

Em seguida, a configuração interna da unidade de controle de aquecimento 9 será explicada.

A relação entre a frequência da corrente de excitação alternada (corrente alternada) e o padrão de aumento de temperatura é determinado pelas condições de produção que consistem no tamanho (diâmetro, espessura) e no tipo de aço (resistência elétrica, etc.) do tubo de aço atualmente passando através do processo de produção, quer experimentalmente com antecedência ou por determinação do fenômeno de indução eletromagnética, em resposta à corrente de excitação alternada através da simulação de aquecimento da zona de solda utilizando cálculo do campo eletromagnético (cálculo por FEM ou similares) e cálculo do modelo de transferência de calor e é armazenado na unidade de cálculo do aumento da temperatura da zona de solda 7 na forma de uma tabela como um exemplo de critério. Por exemplo, se a resistência elétrica do material de aço, que normalmente varia com a temperatura, for assumida como sendo uma resistência elétrica fixa, e o aquecimento da zona de solda for simulado com o foco apenas no tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura), as curvas similares àquelas na Figura 4 (a) e na Figura 4 (b) podem ser obtidas, que representam a relação entre a

frequência de excitação e o aumento da temperatura, com combinações de diâmetro e espessura do tubo de aço (diâmetro, espessura) como parâmetros. A temperatura sobe (assumindo a temperatura normal como a temperatura base) no caso do aço tipo A e aço tipo B exemplificados na Figura 4 (a) e Figura 4 (b) são os resultados da simulação na superfície frontal da zona de solda (superfície frontal da chapa de aço), mas N número de pontos, por exemplo, são selecionados na direção da espessura da chapa e designados P0, P1, ..., Pn, na ordem da superfície, e a temperatura sobe T nesses pontos do aço tipo A ou aço tipo B sob produção (Pn, f) (onde f é a frequência de excitação) é individualmente determinada pela simulação de aquecimento da zona de solda e armazenada na unidade de cálculo de aumento de temperatura da zona de solda 7.

Na unidade de determinação da frequência 8, que realmente determina a frequência f da corrente de excitação, a frequência f é determinada a partir da distribuição de temperatura unidimensional da zona de solda (um exemplo de distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa) de saída pela unidade de cálculo da distribuição de temperatura da zona de solda 4, pelo cálculo de regressão ou outro cálculo de otimização baseado nos valores de temperatura medida DT (Pn, f) com os respectivos pontos P0, P1 ..., Pn na direção da espessura da chapa e do aumento da temperatura T (Pn, f) curvas armazenadas na unidade de cálculo de aumento de temperatura da zona de solda 7, de modo a minimizar a avaliação do coeficiente J representada pela Equação <3>.

$$J = \frac{1}{n} \times \sum_{m=0}^n [DT(Pm, f) - T(Pm, f)]^2 \quad <3>$$

Além do método acima explicado de determinar a frequência da corrente de excitação apresentando a relação entre a frequência da corrente de excitação alternada e o padrão de aumento da temperatura e, em seguida, desempenhando o cálculo de otimização, o método a seguir também é possível. Ou seja, acontece por vezes no processo de produção que um número de tubos de aço com as mesmas especificações são soldadas através de aquecimento por indução, de modo que seja possível definir provisó-

riamente a relação entre o aumento da temperatura e a frequência associada ao tubo de aço soldado no início da produção e para dar a unidade de determinação de frequência 8 capacidade de aprendizagem pelo qual se ajusta a relação interessada para alcançar a temperatura desejada e a forma de fusão, enquanto monitora separadamente, julgando de aprovação / reprovação, e aprendendo a distribuição da temperatura e a forma de fusão resultante da soldagem térmica por indução do tubo de aço.

2. Controle da corrente de excitação com base na forma de fusão

A unidade de medição da forma de fusão da zona de solda 14 é um exemplo do meio de medição da forma de fusão da zona de solda, e, com base na imagem plana do material de aço fundido imediatamente após a soldagem por pressão que é produzida pela segunda unidade de imagem da solda de zona 17, que é um exemplo do segundo meio de imagens (segunda etapa de imagem), realiza o processamento da imagem para discriminar / detectar a zona de fundição 23 na imagem plana proveniente do brilho. Adicionalmente, é possível para isso discriminar / detectar a zona de fundição 23, após determinar a distribuição de temperatura com base no brilho (etapa de medição da forma de fusão da zona de solda). Note que o local no qual esta zona de fundição 23 se resfria e se solidifica torna-se a costura de solda 24 mostrada na Figura 6. Portanto, a largura da zona de fundição 23 é substancialmente a mesma que a largura da costura de solda 23.

As formas específicas da forma de fusão medida pela unidade de medição da forma de derreter da zona de solda 14 são mostradas na Figura 7. Na Figura 7 (a), a zona de fundição 23 imediatamente após a soldagem por pressão é de uma largura (Z) menor que um valor desejado ($Z_0 \pm \Delta Z$), que é um exemplo de um critério de avaliação predefinido da largura da zona de solda, e está em um estado não-derretido, assim a entrada de calor é aumentada aumentando a frequência de soldagem para aumentar a corrente induzida nas superfícies frontais e traseiras da espessura da chapa da zona de solda 20 do tubo 10, ou aumentando a corrente de entrada. Por outro lado, na Figura 7 (c), a zona de fundição 23 imediatamente após a soldagem por pressão é de uma largura (Z) maior que o valor desejado ($Z_0 \pm \Delta Z$)

e está em um estado excessivamente derretido, assim a entrada de calor é diminuída diminuindo a frequência da soldagem para aumentar a corrente induzida na região do centro da espessura da chapa da zona de solda 20 do tubo 10, ou diminuindo a corrente de entrada. Em outras palavras, a unidade de determinação da frequência 8 ajusta e controla a frequência da corrente de excitação (valor da frequência de soldagem: F_0) de entrada da unidade de medição de flutuação da frequência de soldagem 15, a fim de estabelecer a boa forma de fusão mostrada na Figura 7 (b). Aqui, o controle de frequência de entrada ou entrada de controle de entrada atual que satisfaz o valor desejado ($Z_0 \pm \Delta Z$) da largura da zona de fundição imediatamente após a soldagem por pressão é um valor que difere dependendo do tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição, estrutura), por isso é previamente determinado, experimentalmente, ou pela simulação de aquecimento da zona de solda acima referida, e armazenados no banco de aquecimento 6. Note que o cronograma de produção consistindo no tipo de dados para o tubo de aço / material de aço soldado no processo de produção (incluindo tamanho (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição, estrutura)) é também gravado no banco de dados de aquecimento 6 previamente (continuação da etapa de controle de aquecimento).

20 Note que, quando com base na forma de fusão medida pela unidade de medição da forma de fusão da zona de solda 14, a forma de fusão é marcadamente grande ou pequena, é possível considerar que a anomalia de soldagem ocorreu e emitiu uma advertência por um alarme sonoro ou exibindo uma advertência sobre uma tela de exibição.

25 3. Controle da corrente de excitação com base na flutuação de frequência de solda

Neste contexto, apesar de um método da técnica anterior fixar a frequência da corrente de excitação e configurar a fonte de alimentação de excitação e a bobina de excitação através de um circuito de casamento de impedância, sabe-se que, neste caso a frequência de soldagem flutua com a mudança na forma de fusão da zona de solda. Nesta modalidade, utilizando este fato, a unidade de medição em forma de onda da corrente de soldagem

16, que é um exemplo do meio de medição em forma de onda da corrente de soldagem, e a unidade de medição da flutuação de frequência de soldagem 15, que é um exemplo do meio de medição da flutuação de frequência de soldagem, flutuação de frequência de soldagem de monitor (etapa de medição em forma de onda da corrente de soldagem), tornando assim possível a mudança de forma a ser mais precisamente determinada e explorada como um indicador de controle eficaz de aquecimento para a obtenção de uma boa qualidade de solda.

Embora a flutuação da frequência de soldagem possa ser suprimida controlando a forma de fusão para a forma desejada, a quantidade de flutuação da frequência de soldagem também difere em termos de valor dependendo do tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição, estrutura), de modo que quanto maior o controle de qualidade de soldagem de alta precisão for alcançado pelo armazenamento no banco de dados de aquecimento 6 um limite D (exemplo do valor permitido) para o valor de medição de flutuação de frequência de soldagem (ΔF_o), medido pela unidade de medição de flutuação de frequência de soldagem 15, que é definido com antecedência para cada um dos tamanhos do tubo de aço (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição, estrutura), e comparando o limite D com o valor de medição da flutuação de frequência de soldagem (ΔF_o) na unidade de determinação de frequência 8, como um indicador na implementação do controle da forma de fusão da zona de solda de solda. Por exemplo, quando o valor de medição da flutuação de frequência de soldagem (ΔF_o) torna-se maior do que o limite D, a largura da zona fundida 23 é considerada muito grande, então a frequência é reduzida por uma taxa de pré-ajuste (por exemplo, 30%).

No precedente foi explicado o conduzido a seguir pela unidade de determinação da frequência 8:1. O controle da corrente de excitação com base na distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa da zona de solda, 2. O controle da corrente de excitação com base na forma de solda, e 3. O controle da corrente de excitação com base na flutuação de frequência de solda. Esses controles podem ser utilizados de forma inde-

pendente para determinar a frequência da corrente de excitação ou pode ser utilizado em várias combinações para determinar a frequência da corrente de excitação. Note que é preferível, por exemplo, utilizar primariamente o controle da corrente de excitação, com base na distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa da zona de solda, e corrigir o valor da frequência com base na distribuição de temperatura pelo uso auxiliar do controle da corrente de excitação com base na forma de solda e/ou o controle da corrente de excitação, com base na flutuação de frequência de solda. Note que a frequência é definida para ser variável e modo flexível dentro de uma faixa de frequência predefinida, continuamente ou discretamente para um nível que pode ser considerado para simular a variação contínua (continuação da etapa de controle de aquecimento).

Na explicação acima, a unidade de controle de aquecimento 9 compreendendo o banco de dados de aquecimento 6, a unidade de cálculo de aumento da temperatura da zona de solda 7 e a unidade de determinação da frequência 8 foram descritas com relação ao caso de uma configuração para controlar a frequência da corrente de excitação. Como outras configurações, é possível incorporar, além da frequência, a corrente de excitação e/ou a tensão como parâmetro a ser controlado pela unidade de controle de aquecimento 9. Neste caso, o volume dos dados processados pela unidade de controle de aquecimento 9 aumenta, mas a qualidade da solda pode ser regulada de forma mais dinâmica.

A fonte de alimentação de frequência variável 1 será explicado em seguida. A fonte de alimentação de frequência variável 1 fornece a corrente de excitação para a bobina de aquecimento eletromagnético 2 sob o controle pela frequência determinada pela unidade de determinação da frequência 8.

A Figura 5 é um exemplo de fonte de alimentação de frequência variável nesta modalidade, cuja frequência é continuamente variável, em uma faixa de frequência predeterminada (por exemplo, 1 kHz a 500 kHz), e para a qual não pode ser utilizada uma "fonte de alimentação de corrente alternada que recupera a energia magnética", como ensinado pela Publica-

ção da Patente Japonesa (A) N° 2004-260991. Especificamente, uma tensão alternada proveniente de uma fonte de energia da corrente alternada (fonte de alimentação primária da zona de solda) 100 é enviada através de um reator de corrente alternada 101 a ser corrigida por um retificador de diodo 102, de modo a aplicar uma tensão de corrente direta para a fonte de alimentação de frequência variável 1, que recupera a energia magnética e serve como a fonte de alimentação de frequência variável.

Quando os elementos de comutação S2, S4 da fonte de alimentação de frequência variável são desligados, a corrente passa através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 de baixo para cima na folha de desenho e, em seguida, passa através dos diodos de S1 e S3 para carregar o capacitor C. A corrente torna-se 0 quando o carregamento do capacitor C está concluído.

Em seguida, quando os elementos de comutação S1, S3 são ativados (S2, S4 desligado) no momento em que o carregamento do capacitor C estiver concluído, a energia carregada no capacitor C é descarregada através de S1, S3, de modo que a corrente passe através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 de cima para baixo na folha de desenho.

Quando a descarga do capacitor C estiver concluída, a tensão do capacitor torna-se 0, os diodos de S2, S4 conduzidos, porque eles não estão mais sob tensão reversa e a corrente através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 de cima para baixo na folha de desenho é aumentada pela passagem através de dois percursos de S4 para S1 e S3 para S2. Durante este período, uma vez que a corrente circula entre a bobina de aquecimento eletromagnético 2 e a fonte de alimentação de frequência variável 1, a corrente é atenuada pela constante de tempo determinada pela bobina de aquecimento eletromagnético 2 e a impedância do tubo de aço. Posteriormente, quando, da mesma forma, S1 e S3 são desligados, e S2 e S4 são ativados, o capacitor C é carregado através de S2 e S4 e a corrente passa através da bobina de aquecimento 2 de cima para baixo em folha de desenho.

Dessa forma, torna-se possível passar a corrente diferentes fre-

quências por meio da bobina de aquecimento eletromagnético 2 regulando o temporizador Ativar / Desligar das respectivas portas do elemento de comutação S1/S3 e S2/S4, segundo o qual de aquecimento por indução de frequência variável pode ser realizado. Em outras palavras, a frequência da corrente que passa através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 pode ser variado mediante a unidade de controle de aquecimento 9, que regula a temporização de condução dos elementos de comutação com base no sinal proveniente da unidade de medição da condição de soldagem 5.

Por outro lado, a corrente da bobina de aquecimento eletromagnético 2 é definida com antecedência por uma unidade de ajuste da corrente de saída 103, de acordo com o tamanho do tubo de aço (diâmetro, espessura) e o tipo de aço (composição e estrutura), a amperagem da corrente que passa através da bobina de aquecimento eletromagnético 2 é alimentado de volta, e a tensão de um regulador de energia a tiristor 104 é controlada para fazer a passagem de corrente através da bobina de aquecimento eletromagnético constante 2.

Neste caso, não é necessário nenhum transformador de correspondência entre a fonte de alimentação de frequência variável 1 bobina de aquecimento eletromagnético 2 para combinar a impedância entre o material que está sendo aquecido e bobina de aquecimento eletromagnético, o que melhora a eficácia do aquecimento do material a ser aquecido e é, portanto, desejável do ponto de vista da conservação de energia de alta eficácia. Além disso, no caso da indução da zona de solda de aquecimento do tubo de aço, é possível adotar MOSFETs de energia para os elementos de comutação S1 a S4, porque a frequência às vezes torna-se tão elevada como em torno de 400 kHz (etapa de aquecimento).

Segunda modalidade

Embora na primeira modalidade uma configuração ao utilizar a bobina de aquecimento eletromagnético por indução da zona de solda mostrada na Figura 2 (a) foi definida como uma segunda modalidade da presente invenção uma configuração é possível, na qual como mostrado na Figura 2 (b), o tubo de aço soldado é aquecido aplicando diretamente a corrente

alternada através de um par de contatos de aquecimento elétrico direto da zona de solda 2' que são eletrodos instalados nas extremidades opostas da chapa de aço em toda a zona de solda uma da outra. Neste caso, unidade de determinação da frequência 8 controla a frequência da corrente diretamente através do tubo de aço soldado. Também neste caso, é possível controlar não só a frequência, mas também a tensão aplicada aos contatos.

Outras modalidades

A unidade de medição da condição de soldagem referida acima compreendendo a unidade de cálculo de distribuição de temperatura da zona de solda 4, unidade de medição da forma de fusão da zona de solda 14, e soldagem unidade de medição da flutuação de frequência 15, e a unidade de controle de aquecimento 9 compreendendo o banco de dados de aquecimento 6, a unidade de cálculo do aumento da temperatura da zona de solda 7 e a unidade de determinação da frequência 8 são preferencialmente configuradas, individualmente ou em conjunto, utilizando um computador pessoal equipado com, por exemplo, uma placa do conversor A/D, HDD e outros dispositivos de armazenamento, teclado, mouse e outros dispositivos de entrada e um display para saída e operações de exibição e processamento de resultados, e com um programa de computador para operar o mesmo para executar o processamento acima. Além disso, é possível instalar uma unidade de conexão de rede para ser conectada a uma LAN na planta de produção para a entrada de cronogramas de produção e outros dados de operação e notificar o operador quando for detectada anomalia de soldadura.

Embora o modo preferido de realização da presente invenção, onde explicado em detalhes com referência aos desenhos no acima, é evidente que a invenção não está limitada a estes exemplos. Uma pessoa possuindo conhecimento comum no campo da tecnologia para a qual a presente invenção pertence, obviamente, será capaz de conceber várias mudanças e modificações dentro do escopo da idéia técnica definido nas reivindicações, e é entendido que todas essas alterações e modificações naturalmente caíram dentro do escopo técnico da presente invenção.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

O método e aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço da presente invenção aquece um material a ser aquecido, levando em conta o diâmetro, a espessura e outras formas e valores da propriedade do material do material a ser aquecido; mede a distribuição de temperatura na direção da espessura da chapa da zona de solda do material a ser aquecido, a forma de fusão da zona de solda, e a flutuação de frequência de solda durante a soldagem; e aquece o material a ser aquecido enquanto continuamente ou discretamente muda / controla a frequência com base na mesma, tornando assim possível controlar o material a ser aquecido para a distribuição de temperatura desejada, a forma de fusão e a flutuação da frequência de solda.

Além disso, um método de aquecimento pode ser provido que é capaz de controlar a distribuição de temperatura, forma de fusão e flutuação da frequência de solda uniformemente por todo o comprimento da zona de solda do material de tubo de aço, de modo que a aplicação como uma medida para melhorar o rendimento do produto e intensificar a produtividade durante a produção do tubo de aço é possível. Além disso, uma vez que um método de aquecimento que não é dependente do diâmetro, espessura e tipo de aço do material a ser aquecido podem ser provido, a qualidade pode ser construída otimizando a distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa do tubo de aço da zona de solda, a forma de fusão da zona de solda, e a flutuação de frequência de solda durante a soldagem, contribuindo assim amplamente para a realização de um melhor desempenho dos produtos de tubo de aço e similares.

REIVINDICAÇÕES

1. Aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço que, ao fazer um material de tubo de aço tubular (10) enquanto dobra uma chapa de aço em movimento em forma cilíndrica, utiliza uma fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável, cuja frequência é variável dentro de uma faixa de frequência predeterminada, para gerar calor de Joule pela passagem de corrente alternada próximo às faces finais do material de tubo de aço (10) para continuamente fundir e soldar por pressão uma zona de solda de face final do material de tubo de aço (10),
- 5
- no qual o aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço é caracterizado pelo fato de que compreende:
- 10
- primeiro meio de imagem (3) instalado oposto a uma zona de solda de face final (20) do material de tubo de aço (10) que autodetecta a luz emitida da zona de solda (20) e gera uma imagem de brilho da zona de solda de face final (20);
- 15
- um meio de computação da distribuição de temperatura da zona de solda (4) que desempenha o processamento de imagem com base no brilho da imagem e aplica a medição de temperatura da luz emitida para gerar um valor medido da distribuição de temperatura bidimensional da zona de solda, cujos eixos estão na direção de espessura da zona de solda da zona de solda (20) e na direção longitudinal do material de aço;
- 20
- segundo meio de imagem (17) que mostra a zona de solda (20) do material de tubo de aço (10) acima e gera uma imagem plana do material do aço fundido imediatamente após soldar por pressão o material de tubo de aço (10); e meio de medição da forma de fusão da zona de solda que verifica a forma de fusão com base na imagem plana e gera um valor de largura da zona fundida;
- 25
- meio de medição em forma de onda da corrente de soldagem (16) que mede a forma de onda atual da corrente alternada; e meio de medição de flutuação da frequência de soldagem (15) que, com base em uma saída em forma de onda atual pelo meio de medição em forma de onda da corrente de soldagem (16), verifica e gera um valor de flutuação da frequên-
- 30

cia de soldagem em função do tempo que é a amplitude de flutuação em função do tempo da frequência em forma de onda da corrente,

meio de controle de aquecimento (9) que, através da utilização de um critério predefinido a partir das dimensões e propriedades eletromagnéticas do material de aço (10) para avaliar a relação entre a frequência da corrente alternada e distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa, determina a frequência da corrente alternada com base na distribuição da temperatura na direção de espessura da chapa; e uma fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável do tipo de recuperação de energia magnética (1) para passar através da corrente alternada do material de tubo de aço (10) da frequência determinada pelo meio de controle de aquecimento (9);

em que os meios de controle de aquecimento (9), utilizando um critério predefinido para avaliar a largura da zona fundida e a relação entre a frequência da corrente alternada e o aumento de temperatura na direção de espessura da chapa, determinam a frequência da corrente alternada com base no valor da largura da zona fundida e na distribuição da temperatura na direção da espessura da chapa, e compara ainda o valor da flutuação dependente do tempo da frequência de soldadura com um valor admissível predeterminado e determina a frequência da corrente alternada.

2. Aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende: uma bobina de aquecimento eletromagnético (2) que é instalada na direção circunferencial externa do material de tubo de aço (10) para ser substancialmente coaxial com o material de tubo de aço (10) e é fornecido com a corrente de excitação a partir da fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1) para desempenhar o aquecimento induzindo a corrente alternada no material de tubo de aço (10).

3. Aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o meio de controle de aquecimento (9) determina a frequência e o valor atual da corrente de excitação da bobina de aquecimento eletromagnético (2) e

controla a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1).

4. Aparelho de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que
5 compreende: um par de contatos de aquecimento elétrico direto (2') instalado em extremidades opostas da chapa de aço através da zona de solda (20) de uma para outra como os eletrodos que aplicam corrente alternada a partir da fonte de alimentação de corrente alternada (1).

5. Aparelho de aquecimento da zona de solda do material de
10 tubo de aço de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o meio de controle de aquecimento (9) determina a frequência e o valor atual da corrente alternada fornecida aos contatos de aquecimento elétrico direto (2') e controla a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1).

15 6. Método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço que, ao fazer um material de tubo de aço tubular (10) enquanto dobra uma chapa de aço em movimento em forma cilíndrica, utiliza uma fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1), cuja frequência é variável dentro de uma faixa de frequência predeterminada, para gerar calor de Joule passando a corrente alternada próximo às faces finais do material de tubo de aço (10) para fundir continuamente e soldar por pressão uma
20 zona de solda de face final (20) do material de tubo de aço (10),

no qual o método de aquecimento material da zona de solda do tubo de aço é caracterizado pelo fato de que compreende:

25 uma primeira etapa de imagem na qual o primeiro meio de imagens (3) instalado oposto a uma zona de solda de face final (20) do material de tubo de aço (10) é usado para autodetectar a luz emitida da zona de solda (20) e gera uma imagem de brilho da zona de solda de face final (20);

uma etapa de computação da distribuição de temperatura da
30 zona de solda na qual o processamento de imagem é desempenhado com base na imagem de brilho e a medição de temperatura da luz emitida é aplicada para computar a distribuição de temperatura bidimensional, cujos eixos

estão na direção de espessura da zona de solda da zona de solda (20) e na direção longitudinal do material de aço;

uma segunda etapa de imagem de utilizar o segundo meio de imagem (17) para mostrar a zona de solda (20) do material de tubo de aço (10) do acima e gerar uma imagem plana do material de aço fundido imediatamente após soldar por pressão o material de tubo de aço (10); e uma etapa de medição da forma de fusão da zona de solda de verificar a forma de fusão com base na imagem plana da e produzir um valor de largura da zona fundida;

uma etapa de medição em forma de onda da corrente de soldagem de medir a forma de onda atual da corrente alternada; e uma etapa de medição de flutuação da frequência de soldagem, com base em uma saída em forma de onda atual na etapa de medição em forma de onda da corrente de soldagem, verificando e gerando um valor de flutuação da frequência de soldagem em função do tempo que é a amplitude de flutuação em função do tempo da frequência em forma de onda atual;

uma etapa de controle de aquecimento, no qual um critério predefinido das dimensões e propriedades eletromagnéticas do material de tubulação de aço para avaliar a relação entre a frequência da corrente alternada e a distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa é utilizado para determinar a frequência da corrente alternada, com base na distribuição de temperatura na direção de espessura da chapa; e

uma etapa na qual a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável do tipo de recuperação de energia magnética (1) é utilizada para passar através da corrente alternada do material de tubo de aço (10) de determinada na etapa de controle de aquecimento,

em que a etapa de controle de aquecimento, pelo uso de um critério predefinido para avaliar a largura da zona fundida e a relação entre a frequência da corrente alternada e a elevação da temperatura na direção da espessura da chapa, determina a frequência da corrente alternada com base no valor da largura da zona fundida e a distribuição da temperatura na direção da espessura da chapa, e compara ainda o valor da flutuação depen-

dente da duração da frequência de soldadura com um valor admissível pre-determinado e determina a frequência da corrente alternada.

5 7. Método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que a corrente de excitação proveniente da fonte de alimentação de corrente alter-
nada de frequência variável (1) é fornecida para uma bobina de aquecimento eletromagnético (2) instalada na direção circunferencial externa do material de tubo de aço (10) para ser substancialmente coaxial com o material de tubo de aço (10), assim desempenhando o aquecimento induzindo a corren-
10 te alternada no material de tubo de aço (10), ou o aquecimento é desempe-
nhado passando a corrente alternada através do material de tubo de aço (10) utilizando contatos de aquecimento elétrico direto (2') instalados em ex-
tremidades opostas da chapa de aço através de toda a zona de solda (20) entre si para aplicar a corrente alternada proveniente da fonte de alimenta-
15 ção de corrente alternada (1).

8. Método de aquecimento da zona de solda do material de tubo de aço de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a etapa de controle de aquecimento determina a frequência e o valor atual da corrente de excitação da bobina de aquecimento eletromagnético (2) e con-
20 trola a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1), ou determina a frequência e valor atual da corrente alternada fornecida aos contatos de aquecimento elétrico direto (2') e controla a fonte de alimentação de corrente alternada de frequência variável (1).

Fig.1(a)

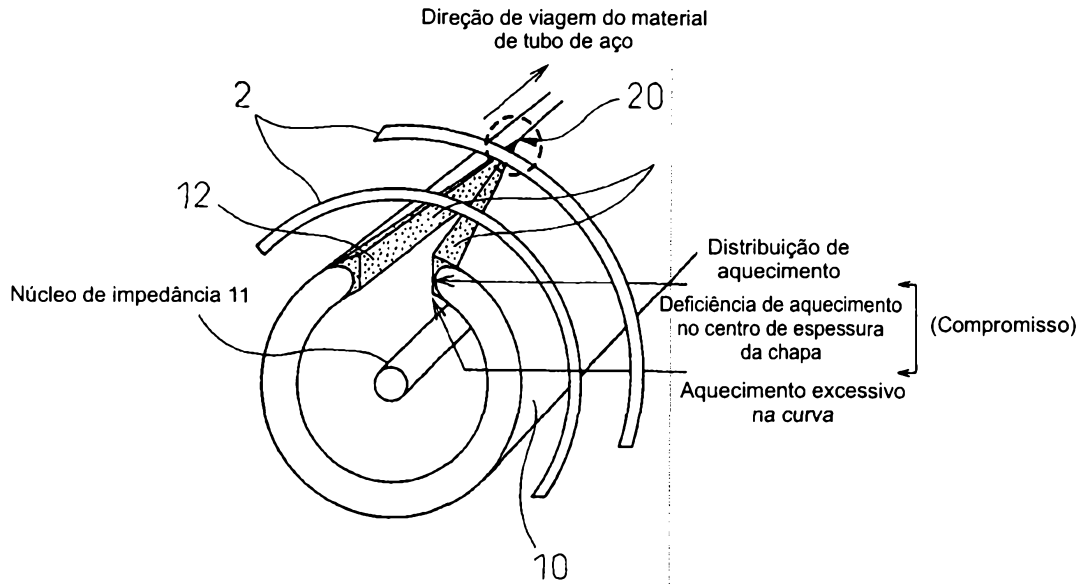
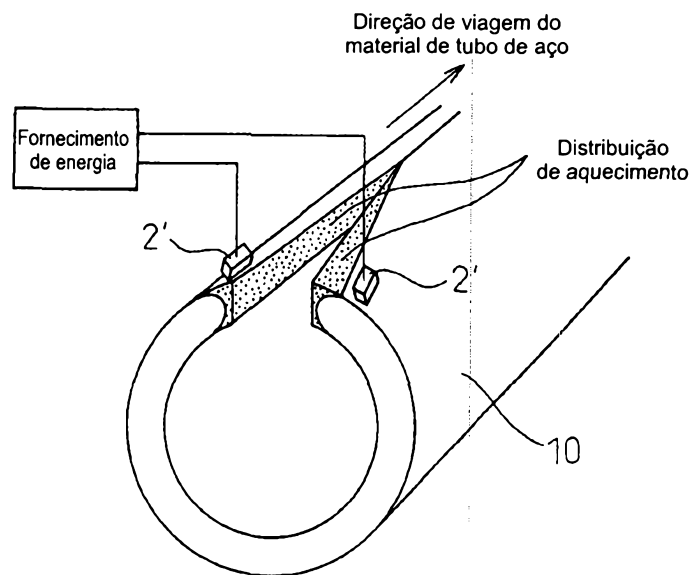


Fig.1(b)



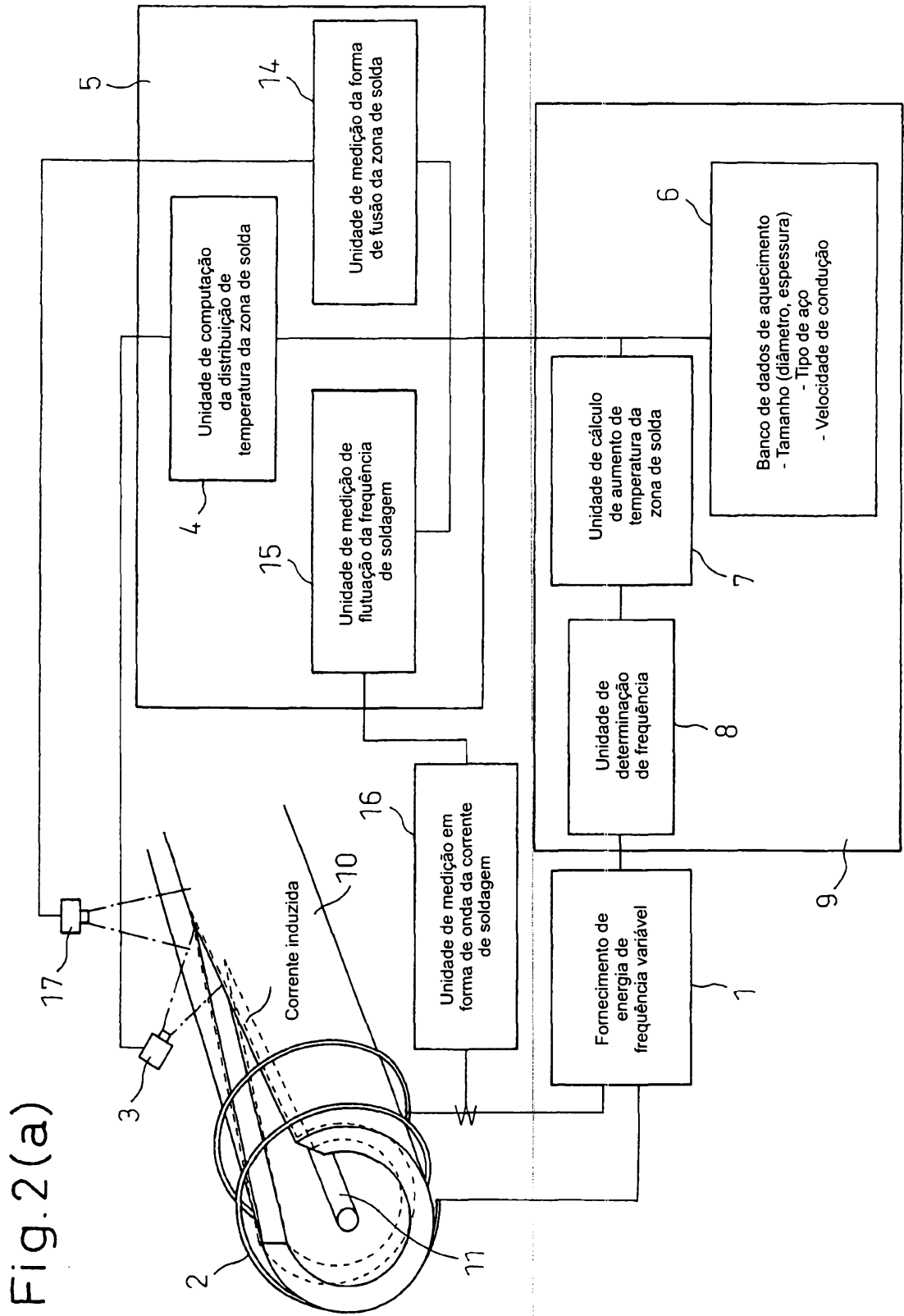


Fig. 2(a)

Fig. 2(b)

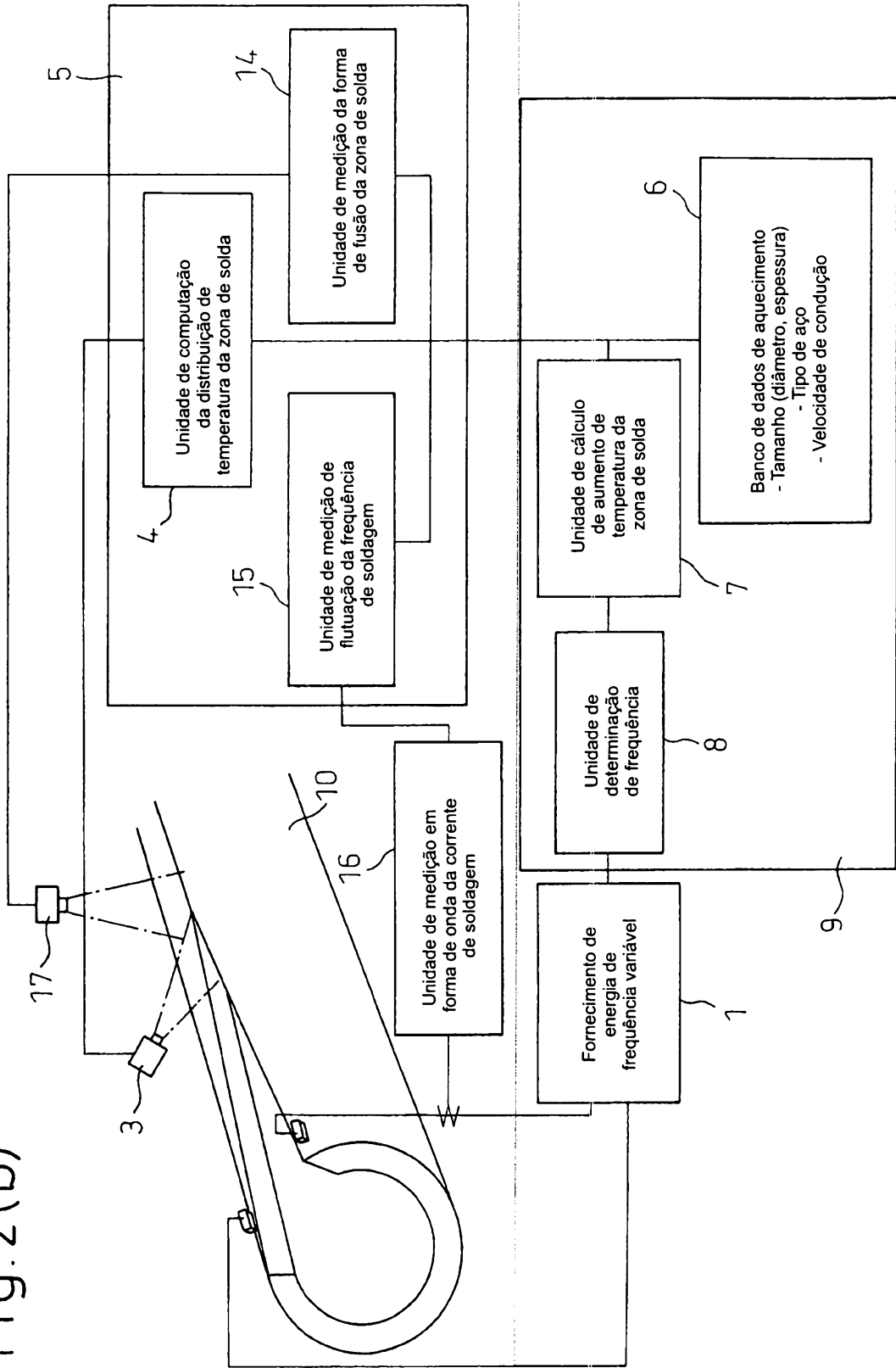


Fig. 3

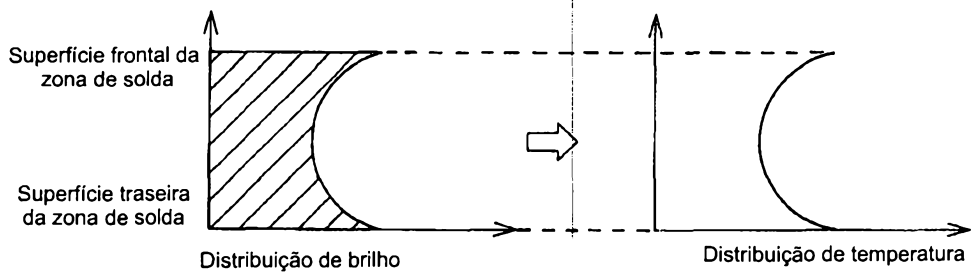


Fig.4(a)

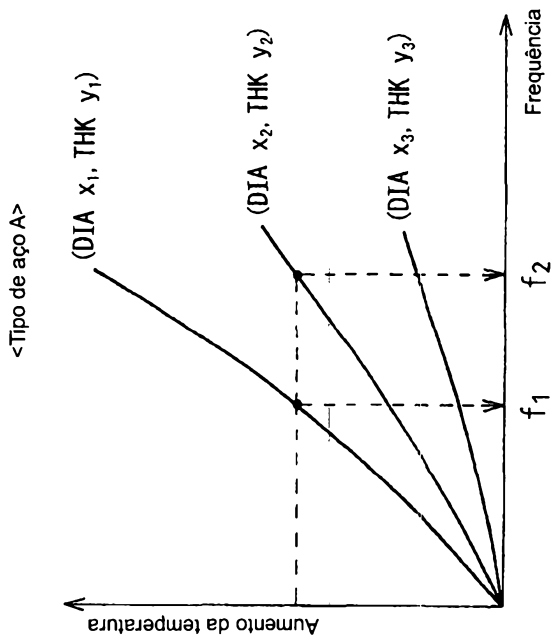


Fig.4(b)

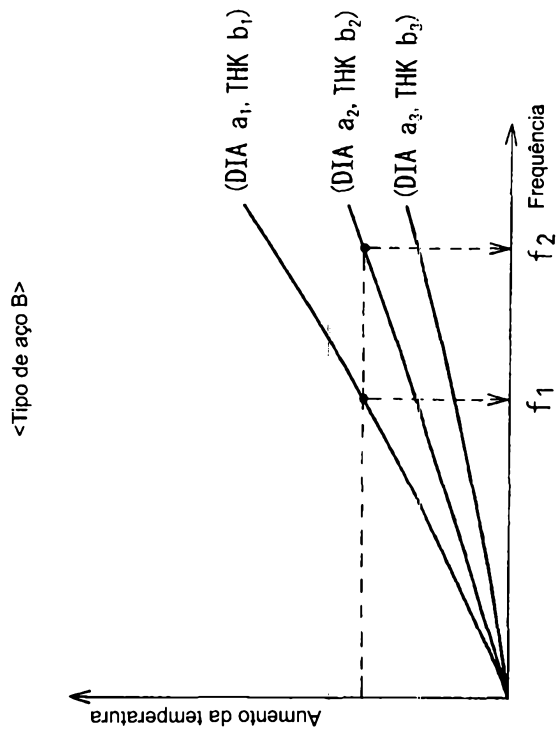


Fig.5

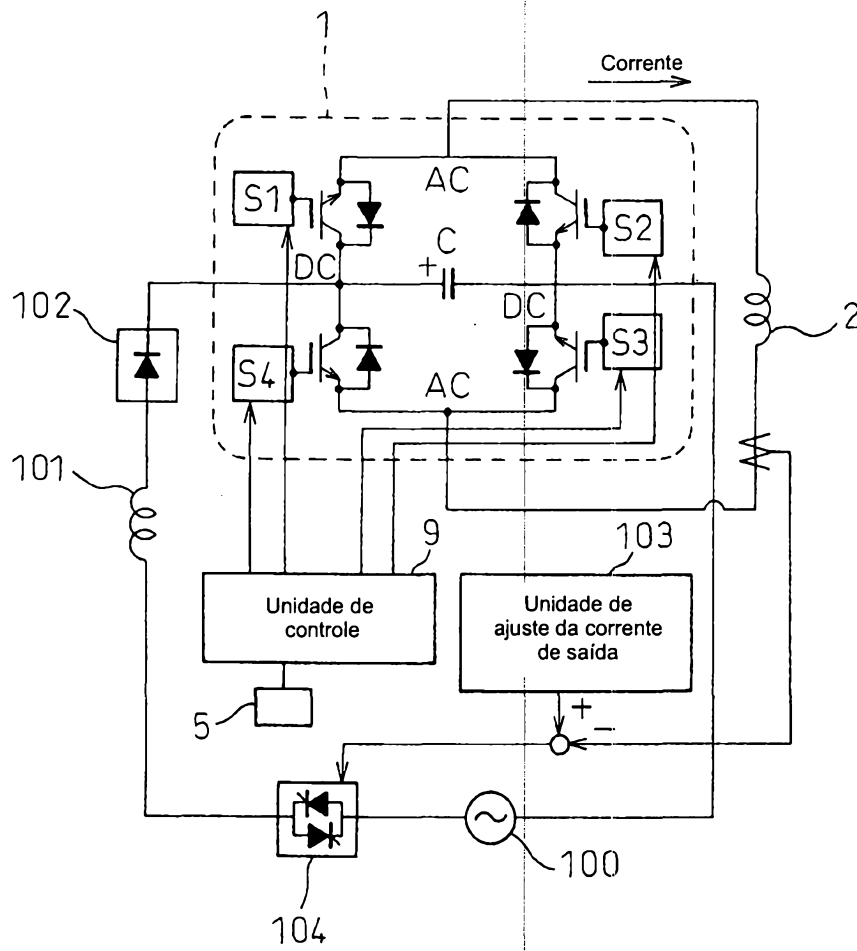


Fig. 6

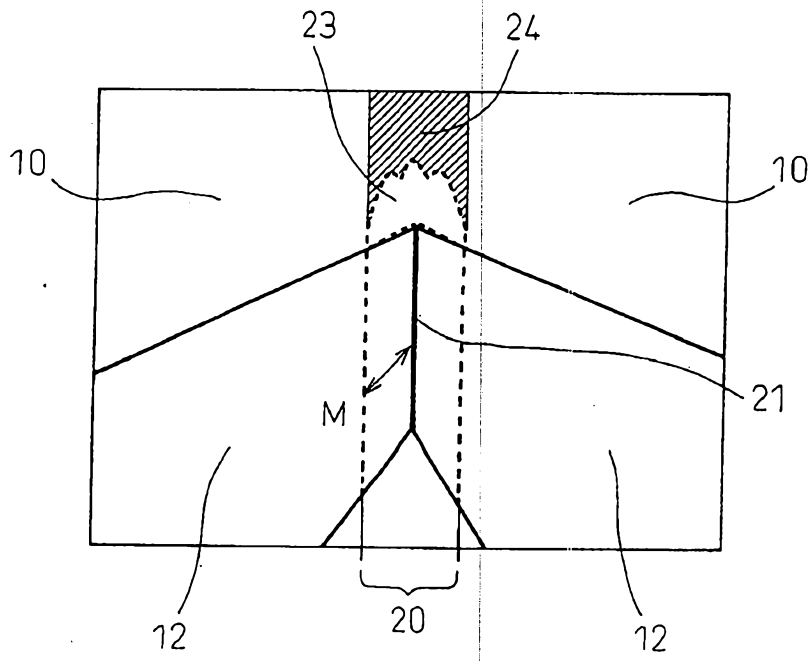


Fig.7(a)

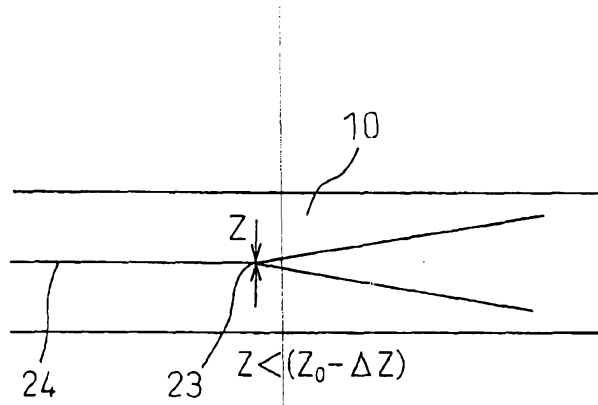


Fig.7(b)

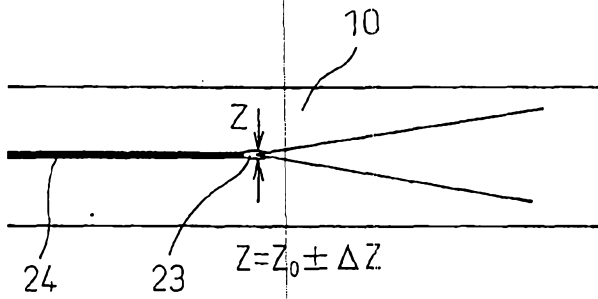


Fig.7(c)

