



República Federativa do Brasil
Ministério da Indústria, Comércio Exterior
e Serviços
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0408939-1 B1

(22) Data do Depósito: 25/03/2004

(45) Data de Concessão: 18/07/2017



(54) Título: MÉTODO PARA PRODUÇÃO DE TUBO DE AÇO SEM COSTURA

(51) Int.Cl.: B21B 17/02

(30) Prioridade Unionista: 26/03/2003 JP 2003-086073

(73) Titular(es): NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION

(72) Inventor(es): HIROYUKI IWAMOTO; AKIHITO YAMANE; TOORU EGOSHI; KENICHI SASAKI

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODOS PARA PRODUÇÃO DE TUBO DE AÇO SEM COSTURA**".

Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um método de produção de um tubo sem costura. Em especial, a presente invenção refere-se a um método de produção de um tubo sem costura que possa evitar variações locais nas espessuras das paredes de um tubo sem costura na direção circunferencial.

Antecedentes da Invenção

A figura 1 é uma vista explicativa simplificada mostrando um exemplo de um processo convencional 1 para produção de um tubo sem costura tal como um tubo de aço sem costura. Nesse processo 1, uma barra em forma de vara é introduzida em um laminador mandrilador (ambos não mostrados) para formar um tubo bruto (armação oca) 4.

A armação oca 4 sofre laminação de alongamento usando-se um laminador de mandris 2 que tem cadeiras de laminação 2a – 2c equipadas com cilindros de calibragem e que reduzem as paredes da armação oca 4 entre os cilindros de calibragem e uma barra de mandril 5. O dimensionamento é então executado utilizando-se um laminador de dimensionamento 3 tendo cadeiras de laminação 3a – 3c equipadas com três cilindros de calibragem instalados a intervalos iguais de 120° na direção circunferencial. Dessa forma, é produzido um tubo sem costura tendo um diâmetro externo e uma espessura de parede prescritos.

O tubo sem costura que sofreu dimensionamento tem variações de espessura onde sua espessura de parede varia localmente na direção circunferencial do tubo. Há um padrão prescrito para a extensão permitida da variação de espessura em um produto. Até a época presente, para satisfazer o padrão, no laminador de mandris 2, as variações de espessura provocadas apenas pela laminação de alongamento no laminador de mandris 2 foram suprimidas, e no laminador de dimensionamento 3, as variações de espessura causadas pelo dimensionamento no laminador de dimensionamento 3 foram suprimidas. Quer dizer, no passado, a laminação de alongamento da armação oca 4 era realizada para que as variações de espessura

não ocorressem no final da laminação de alongamento. O tubo bruto resultante (tubo matriz) 4 era colocado em um forno de reaquecimento 6, e após reaquecer até uma temperatura uniforme de forma a não produzir variações de temperatura durante o dimensionamento, o dimensionamento foi executado com um laminador de dimensionamento 3 (veja as etapas de aquecimento mostrada nas setas tracejadas na figura 1).

Em anos recentes, com o objetivo de melhorar a produtividade, conforme mostrado pelas setas sólidas na figura 1, o dimensionamento veio a ser realizado por um laminador de dimensionamento 3 em um tubo matriz 4 que sofreu laminação de alongamento em um laminador de mandris 2 imediatamente após o término da laminação de alongamento sem executar o aquecimento em um forno de reaquecimento 6. Entretanto, se o aquecimento em um forno de reaquecimento 6 não for executado, a distribuição da temperatura na direção circunferencial do tubo matriz 4 que é introduzido no laminador de dimensionamento 3 torna-se não-uniforme pelas razões (a) a (c) a seguir.

(a) A porção do tubo matriz 4 que é reduzida pela última cadeira de laminação 2c do laminador de mandris 2 é transportada do laminador de mandris 2 com a barra de mandril 5 ainda inserida no interior do tubo matriz 4, e então a barra de mandril 5 é puxada para fora do tubo matriz 4. Durante esse período, o calor do tubo matriz 4 é transferido para a barra de mandril 5, então a temperatura da porção do tubo matriz 4 que é reduzida na última cadeira de laminação 2c é menor que a temperatura de outras porções do tubo matriz 4. O decréscimo na temperatura aumenta à medida que a duração do tempo do momento e que a laminação de alongamento pelo laminador de mandril 2 é completada até quando a barra de mandril é puxada para fora do tubo matriz 4 aumenta.

(b) Conforme mostrado na figura 1, com um laminador de mandril comum de dois cilindros, os pares de cilindros de calibragem 2a – 2c em cada cadeira de laminação são arranjados em série com a direção de redução variando de 90° entre cada par. Com esse arranjo, na porção do tubo matriz 4 localizada a 45°, medidos a partir do eixo do tubo matriz 4, em rela-

ção à direção de redução dos cilindros de calibragem, a superfície externa do tubo matriz 4 contata os cilindros de calibragem em cada cadeira e as correspondentes superfícies internas contatam a barra de mandril 5. Portanto, a diminuição na temperatura das superfícies externa e interna dessas porções do tubo matriz 4 localizadas a 45° em relação à direção de redução torna-se marcadamente maior que a diminuição na temperatura das superfícies externa e interna das outras porções do tubo matriz.

(c) Quando o número de cadeiras de laminação numeradas com números pares do laminador de mandril 2 (cadeira de laminação 2b no exemplo ilustrado) é diferente do número de cadeiras de laminação numeradas com números ímpares (cadeiras de laminação 2a e 2c no exemplo ilustrado) ou quando a redução que é realizada não pela mesma para cada uma das cadeiras de laminação 2a – 2c, uma diferença de temperatura se desenvolve no tubo matriz 4 na direção de redução.

No laminador de dimensionamento 3, uma vez que uma redução no diâmetro externo do tubo matriz 4 seja produzida sem o uso de uma barra de mandril para conter a superfície interna do tubo matriz 4, a espessura da parede do tubo matriz 4 aumenta tipicamente durante o dimensionamento. Em particular, porções do tubo matriz 4 tendo uma alta temperatura sofrem um aumento maior na espessura da parede que as porções que estão a baixas temperaturas devido a terem uma menor resistência à deformação. Portanto, variações na espessura nas quais a espessura da parede varia localmente na direção circunferencial são produzidas em um tubo sem costura durante o dimensionamento. Como resultado, no término do dimensionamento, a espessura da parede das porções que contatam os cilindros de calibragem da última cadeira de laminação 2c do laminador de mandril 2 e a espessura da parede das porções espaçadas da direção de redução por 45° são mais finas que a espessura da parede de outras porções.

A Japanese Published Unexamined Patent Application Hei 1-284411 (referida abaixo como Documento de patente 1) descreve uma invenção na qual as variações de espessura provocadas pela laminação de alongamento de um tubo sem costura são suprimidas formando-se ranhuras

nas superfícies dos cilindros de calibragem de um laminador de mandril par cancelar as diminuições locais na espessura.

Descrição da Invenção

Entretanto, a extensão da diminuição local na espessura, isto é,
5 a quantidade de diminuição na espessura varia com as condições de operação, então ela não é constante. Conseqüentemente, mesmo se a laminação de alongamento for executada usando-se cilindros de calibragem tendo ranhuras formadas nas suas superfícies para cancelar as porções de espessura reduzida como na invenção descrita no Documento de Patente 1, quando
10 a quantidade de redução na espessura das porções de espessura reduzida for diferente da quantidade estimada, as ranhuras não podem cancelar completamente as porções de espessura reduzida e então não podem eliminar as variações na espessura.

Se uma pluralidade de cilindros tendo ranhuras de diferentes
15 profundidades é preparada e cilindros de calibragem com uma profundidade adequada correspondente à quantidade de diminuição na espessura são instalados em um laminador, é possível eliminar-se as variações de espessura. Entretanto, nesse caso torna-se necessário preparar-se um grande número de cilindros de calibragem tendo ranhuras de diferentes profundida-
20 des, de forma que um aumento nos custos é inevitável. Em aditamento, o tempo necessário para substituir-se os cilindros de calibragem aumenta grandemente, então a produtividade de um processo de produção para tubos sem costura acaba decrescendo grandemente. Portanto, esse método não é adequado para a produção real.

Além disso, quando a invenção descrita no Documento de Pa-
25 tente 1 é realizado, o fluxo de metal na direção circunferencial de um tubo matriz 4 é grandemente impedido pelas ranhuras formadas na superfície dos cilindros de calibragem. Portanto, a amarração dos cilindros de calibragem e das fendas de superfície ao produto pode ocorrer facilmente.

30 O objetivo da presente invenção é fornecer um método de produção de um tubo sem costura que possa evitar com certeza variações locais na espessura da parede na direção circunferencial.

A presente invenção é baseada em um conceito técnico extremamente criativo de evitar com certeza variações locais na espessura da parede de um tubo sem costura pela produção intencional de variações de espessura em um tubo matriz durante a laminação de alongamento. A presente invenção é um método de produção de um tubo sem costura no qual um tubo matriz sofre sucessivamente laminações de alongamento e de dimensionamento, caracterizado pelo fato de que variações de espessura para o cancelamento das variações de espessura na direção circunferencial de um tubo sem costura produzido pelo dimensionamento são formadas na direção circunferencial do tubo matriz durante a laminação de alongamento.

Especificamente, a presente invenção é um método de produzir-se um tubo sem costura no qual um tubo matriz é sucessivamente submetido à laminação de alongamento e de dimensionamento caracterizado pelo fato de que porções da espessura da variação da espessura da parede do tubo sem costura onde a espessura varia na direção circunferencial do tubo sem costura são determinadas previamente, e a laminação de alongamento é realizada de forma que a espessura no término da laminação de alongamento das porções do tubo matriz correspondentes às porções de variação da espessura da parede do tubo sem costura são diferentes das espessuras de outras porções do tubo matriz, onde a ocorrência de porções de variação de espessura da parede em um produto na forma de um tubo sem costura é suprimida.

Em um método de produção para um tubo sem costura conforme a presente invenção, "porções de variação de espessura da parede" significa porções onde a espessura da parede varia de pelo menos uma porcentagem adequadamente prescrita (tal como 1%) em relação à espessura média da parede de uma seção transversal do tubo sem costura, isto é, o valor médio das medições da espessura da parede em vários pontos na direção circunferencial do tubo sem costura.

Quando a espessura da parede de uma porção for mais fina que a média, é determinado que a porção é uma porção fina. Quando a espessura da parede for maior que a média, é determinado que a porção é uma por-

ção grossa.

Em um método de produção para um tubo sem costura conforme a presente invenção, quando ocorre uma porção fina em um tubo sem costura, a laminação de alongamento é preferivelmente realizada de forma que a espessura de parede de uma porção do tubo matriz correspondente à
5 porção fina é tornada mais espessa que a espessura de parede de outras porções do tubo matriz no término da laminação de alongamento. Por outro lado, quando uma porção grossa ocorre em um tubo sem costura, a laminação de alongamento é preferivelmente realizada de forma que a espessura
10 da parede da porção grossa seja tornada mais fina que a espessura da parede de outras porções do tubo matriz no término da laminação de alongamento.

Em um método de produção de um tubo sem costura conforme a presente invenção, quando uma porção da variação da espessura da parede
15 de um tubo matriz inclui uma posição a 45° , medida do eixo do tubo, em relação à direção de redução e é uma porção fina, a laminação de alongamento é preferivelmente realizada com os vãos dos cilindros do laminador menores que os vãos nos quais a forma das ranhuras nos cilindros é um círculo, e usando-se uma barra de mandril tendo um diâmetro externo menor que o
20 diâmetro externo de uma barra de mandril que possa alcançar uma espessura de parede almejada de um tubo matriz no término da laminação de alongamento quando os vãos dos cilindros são tais que a forma das ranhuras do cilindro é um círculo.

Além disso, em um método de produção para um tubo sem costura conforme a presente invenção, quando uma porção de variação de espessura de parede de um tubo matriz no término da laminação de alongamento inclui uma posição na direção de redução da cadeira final para realização da laminação de alongamento e é uma porção fina, a laminação de alongamento é preferivelmente realizada de forma que o vão do cilindro na
25 cadeira final do laminador seja maior que o vão no qual a forma das ranhuras dos cilindros é um círculo, e o vão na direção de redução da cadeira de laminação antes da cadeira final seja menor que o vão no qual a forma das
30

ranhuras dos cilindros é um círculo.

Nesta especificação, "a forma das ranhuras do cilindro é um círculo" significa "duas vezes a recíproca da distância entre as porções de fundo das ranhuras de um par de cilindros de calibragem opostos é igual à curvatura da porção do fundo da ranhura de cada cilindro de calibragem".

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma vista simplificada explicativa apresentando um exemplo de um processo de produção convencional para um tubo sem costura.

10 A figura 2(a) é uma vista explicativa apresentando a distância entre as porções do fundo das ranhuras, e a figura 2(b) é uma vista explicativa apresentando a curvatura da porção do fundo de uma ranhura.

A figura 3 é uma vista explicativa apresentando esquematicamente a forma da ranhura para as duas últimas cadeiras de laminação de um laminador de mandril usado no exemplo 1.

Modos de Execução da Invenção

[Primeiro modo para realização da invenção]

Um modo de realizar-se o método de produção para um tubo sem costura conforme a presente invenção será descrito em detalhes enquanto se referem aos desenhos anexos. Na explicação a seguir, o tubo sem costura é um tubo de aço sem costura, a laminação de alongamento é realizada usando-se um laminador de mandril tendo cadeiras de laminação equipadas com dois cilindros de calibragem posicionados a intervalos de 180°, e o dimensionamento é realizado usando-se um laminador de dimensionamento tendo cadeiras equipadas com três cilindros de calibragem dispostos a intervalos de 120°.

[Especificando porções de variação de espessura da parede]

Conforme mostrado na figura 1, a laminação de alongamento é realizada em um tubo matriz 4 para formar um tubo de aço sem costura usando-se um laminador de mandril 2 tendo cadeiras de laminação 2a – 2c cada uma equipada com dois cilindros de calibragem posicionados a intervalos de 180°. O dimensionamento é então realizado usando-se um laminador

de dimensionamento 3 tendo cadeiras de laminação 3a – 3c cada uma equipada com três cilindros de calibragem posicionados a intervalos iguais de 120° para produzir-se um tubo de aço sem costura. Desse modo para realizar-se a invenção, antes de realizar-se a laminação de alongamento, são determinadas as porções da variação da espessura da parede onde a espessura do tubo de aço sem costura no final do dimensionamento variará localmente na direção circunferencial. Procedimentos para determinar as porções da variação da espessura da parede em um tubo de aço sem costura serão explicados.

10 Nesse modo para realização da invenção no qual o dimensionamento é realizado com um laminador de dimensionamento 3, porções da variação de espessura da parede são geralmente porções de espessura diminuída. Quando o dimensionamento é realizado em um laminador de redução por estiramento, há casos em que as porções de variação da espessura da parede tornam-se porções de espessura aumentada.

As porções de variação de espessura da parede podem ser localizadas medindo-se as posições da variação de espessura e a quantidade de variação de espessura no tubo de aço sem costura resultante.

20 A medição pode ser realizada usando-se um medidor térmico e de espessura do tipo raios- γ posicionado na saída do laminador de dimensionamento. Alternativamente, a espessura pode ser determinada após resfriar-se o tubo sem costura até a temperatura ambiente usando-se um micrômetro ou um dispositivo de inspeção ultra-sônica (a espessura pode ser calculada com base em uma diferença no tempo entre as reflexões das ondas ultra-sônicas da superfície externa e da superfície interna do tubo).

25 Qualquer que seja a forma de medição empregada, é importante determinar-se a inter-relação exata entre uma posição na direção circunferencial durante a laminação e uma posição na direção circunferencial durante a medição. Quando a espessura da parede é determinada usando-se um medidor térmico de espessura do tipo raios- γ posicionado na saída do laminador de dimensionamento, uma posição circunferencial durante a laminação
30 adequada-se substancialmente a uma posição circunferencial enquanto

mede-se as variações da espessura da parede. Em contraste, este não é o caso quando se mede após o resfriamento. Em tal caso, uma armação oca ou um tubo matriz é previamente fornecido com uma marca visível (uma marca feita por prensa de estampar, por exemplo) a uma certa posição na direção circunferencial.

[Laminação de alongamento para cancelar as porções especificadas de variação de espessura da parede]

Nesse modo de realização da invenção, é previamente determinado onde e quão grande é a variação da espessura da parede, e a laminação de alongamento é realizada com um laminador de mandril 2 de forma que a espessura da porção de um tubo matriz correspondente às porções da variação de espessura da parede do tubo de aço sem costura é diferente da espessura de outras porções para cancelar a variação de espessura da parede durante o dimensionamento.

Nesse modo de realização da invenção, a laminação de alongamento com o laminador de mandril 2 é realizada com redução em duas direções que se cruzam a 90° , de forma que as porções da variação de espessura da parede do tubo matriz no término da laminação de alongamento são uma ou ambas de uma porção incluindo uma posição a 45° em relação à direção de redução ou uma porção incluindo uma posição na direção de redução das últimas duas cadeiras de laminação que executam a laminação de alongamento.

Quando uma porção da variação de espessura da parede do tubo matriz é uma porção incluindo uma posição a 45° , medida a partir do eixo do tubo, em relação à direção da redução, a laminação de alongamento é realizada de forma que o vão do cilindro das cadeiras de laminação 2b e 2c do laminador de mandril 2 que realiza a laminação de alongamento é menor que um vão no qual a forma das ranhuras dos cilindros torna-se um círculo, e usando-se uma barra de mandril 5 tendo um diâmetro externo menor que o diâmetro externo da barra de mandril 5 que pode fazer a espessura da parede uma espessura de parede almejada na saída do laminador de mandril 2 quando o vão do cilindro é tal que a forma das ranhuras do cilindro

é um círculo.

Quando uma porção do tubo matriz correspondente à porção acima descrita da variação da espessura da parede é uma porção incluindo uma posição na direção da redução da cadeira final de laminação 2c que realiza a laminação de alongamento, o vão do cilindro da cadeira final de laminação 2c do laminador de mandril 2 é tornado maior que o vão que produz uma ranhura de cilindro com uma forma circular, o vão do cilindro na direção da redução da cadeira de laminação precedente 2b é tornado menor que o vão que produz uma ranhura de cilindro com uma forma circular, e então a laminação de alongamento é executada.

A figura 2(a) é uma vista explicativa mostrando a "distância entre as porções do fundo das ranhuras", e a figura 2(b) é uma vista explicativa mostrando "a curvatura das porções do fundo das ranhuras". A "distância entre as porções do fundo das ranhuras" significa a distância d na figura 2(a). A "curvatura das porções do fundo das ranhuras" tem o mesmo significado da curvatura média das porções do fundo das ranhuras e é encontrada por $\int_{-(90/n) \times 0,8}^{(90/n) \times 0,8} H(\theta) d\theta / \{90/n\} \times 0,8 \times 2$. Aqui, n indica o número de cilindros que constituem uma cadeira, e $H(\theta)$ é a curvatura em θ na figura 2(b). É definido como $H(\theta) = d\varphi(\theta)/ds(\theta)$, onde $\varphi(\theta) = \tan^{-1} dy(\theta)/dx(\theta)$ e $ds(\theta) = (dx^2(\theta) + dy^2(\theta))^{1/2}$.

Em um laminador de mandril 2 real, a "distância d entre as porções do fundo das ranhuras" e a "curvatura das porções do fundo das ranhuras" $\int_{-(90/n) \times 0,8}^{(90/n) \times 0,8} H(\theta) d\theta / \{90/n\} \times 0,8 \times 2$ são descobertas pelo cálculo com base nas seções transversais mostradas na figura 2(a) e na figura 2(b) obtidas a partir dos desenhos do projeto para cada cilindro de calibragem.

Alternativamente, eles podem ser descobertos medindo-se a dimensão e a forma das porções do fundo das ranhuras dos cilindros de calibragem usados na produção real de um tubo de aço sem costura. Segue um exemplo de um método que pode ser usado para medir as dimensões e a forma da porção do fundo de uma ranhura.

(1) A seção transversal de um cilindro de calibragem é fotografada usando-se uma câmera digital ou similar (tal como EOS-1D Mark II pro-

duzida pela Cânon) tendo pelo menos 5 milhões de pixels.

(2) A imagem fotografada é convertida em uma imagem mapeada em bits, e o processamento da imagem, tal como mudança do contraste da imagem ou convertendo-a para a escala de cinzas, executado usando-se um software de processamento de imagens tal como o Paint Shop Pro.

(3) Uma linha de limite da ranhura do cilindro é extraída da imagem dos dados do processamento, e os cálculos numéricos baseados nas fórmulas acima descritas são executados na curva que é obtida.

Como outro método:

(1) Usando-se um equipamento comercial de medição das coordenadas tridimensionais (tal como um UPMC-CARAT produzida pela Tokyo Seimitsu), a região de operação de um aparelho de ensaio é inicialmente fixada em um plano que é perpendicular em relação ao eixo de rotação do cilindro, e são determinados um eixo-x e um eixo-y dentro do plano.

(2) O aparelho de ensaio é movido ao longo da superfície do cilindro, o ponto onde x tem o maior valor é procurado, e a região de operação do aparelho de ensaio é refixada em um plano incluindo aquele ponto, o eixo-x e o eixo do cilindro.

(3) Uma curva da superfície da ranhura é extraída moendo-se o aparelho de ensaio nesse plano e ao longo da superfície do cilindro ao longo da seção transversal acima descrita.

(4) Cálculos numéricos são realizados em relação à curva obtida com base na fórmula acima.

Nesse modo de realização da invenção, as condições da laminação de alongamento pelo laminador de mandril 2 são ajustadas de acordo com a porcentagem de afinamento de uma porção onde a espessura da parede de um tubo de aço sem costura é diminuída de forma que o tubo matriz 4 no lado de saída do laminador de mandril 2 correspondente a essa porção é aumentado na espessura por uma porcentagem prescrita.

A quantidade de aumento na espessura que é transmitida pelo laminador de mandril 2 é preferivelmente pelo menos a diminuição na espessura da parede que é produzida em um tubo de aço sem costura após o

dimensionamento ser realizado pelo laminador de dimensionamento 3. Pode ser descoberto multiplicando-se a diminuição na espessura por um múltiplo α (>1). Esse múltiplo α pode ser ajustado para aumentar à medida que a redução no diâmetro externo produzida pelo laminador de dimensionamento 3 aumenta. Além disso, pode ser ajustado para aumentar à medida que as diferenças de temperatura locais no tubo matriz 4 imediatamente antes do dimensionamento pelo laminador de dimensionamento 3 aumentam.

A relação entre a redução do diâmetro externo durante o dimensionamento e a diminuição da espessura da parede descoberta no término do dimensionamento e a relação entre o aumento na espessura da parede a ser transmitido durante o alongamento e a diminuição na espessura da parede descoberta no término do dimensionamento são, cada uma, relações lineares. Se uma medição prescrita é executada e um coeficiente é determinado, o aumento na espessura transmitido pelo laminador de mandril 2 pode ser rapidamente e simplesmente determinado.

Desta forma, nesse modo de execução da invenção, uma porção da variação da espessura é a porção da espessura diminuída, então a laminação de alongamento é realizada de forma que a espessura de uma porção do tubo matriz correspondente à porção da variação da espessura da parede é maior que aquela de outras porções do tubo matriz.

Dimensionamento

Sob condições usuais, o dimensionamento é realizado por um laminador de dimensionamento 3 em um tubo matriz que sofreu uma laminação de alongamento de forma que a espessura de uma porção do tubo matriz correspondente à porção da variação de espessura é maior que a espessura de outras porções do tubo matriz.

A espessura das porções do tubo matriz 4 correspondentes às porções da variação de espessura da parede torna-se maior que a espessura de outras porções do tubo matriz 4, de forma que o aumento na espessura das porções da variação da espessura da parede cancela a redução na espessura da parede provocada pelas razões (a)-(c) durante o dimensionamento pelo laminador de dimensionamento 3. De acordo com esse modo de

realização da presente invenção, portanto, as variações locais na direção circunferencial da espessura da parede de um tubo sem costura podem ser facilmente evitadas com certeza.

5 Nesse modo para a realização da invenção, empregando-se os métodos descritos abaixo (i)-(iv), a quantidade de aumento na espessura da parede provocada pela laminação de alongamento usando-se o laminador de mandril 2 pode ser diminuída, então é possível negociar com casos nos quais os aumentos locais não possam ser alcançados adequadamente pelo laminador de mandril 2.

10 (i) Após a laminação pelo laminador de mandril 2, a barra de mandril 5 é puxada para fora do tubo matriz tão cedo quanto possível.

(ii) As condições da laminação de alongamento são ajustadas de forma que a barra de mandril 5 não contate a superfície interna do tubo matriz 4 após a laminação pelo laminador de mandril 2.

15 (iii) A redução no diâmetro externo pelo laminador de dimensionamento 3 é ajustada para ser tão pequena quanto possível.

(iv) Após a laminação pelo laminador de mandril 2, o tubo matriz 4 é aquecido em um forno de aquecimento.

20 Conforme explicado acima, conformando-se um tubo matriz 4 que é previamente aumentado na espessura em porções onde a temperatura necessariamente diminui pelas razões (a)-(c) durante a laminação de alongamento usando-se um laminador de mandril 2 e realizando-se o dimensionamento em um laminador de dimensionamento 3, a quantidade de variação de espessura pode ser suprimida até um nível que pode satisfazer um
25 padrão prescrito que é permitido para um produto.

Ao invés do modo acima descrito para realização da invenção, os meios (v)-(ix) descritos abaixo podem ser usados.

30 (v) A posição e a quantidade de variações de espessura de um tubo de aço sem costura são medidas, e usando-se esta informação, o vão do cilindro do laminador de mandril 2 é ajustado para controle da retroalimentação. Esse controle pode ser mecanizado on line.

(vi) As distribuições da temperatura do tubo matriz 4 no lado de

saída do laminador de mandril 2 e do tubo de aço no lado de saída do laminador de dimensionamento 3 são medidas, a posição e a quantidade de variações de espessura que ocorrem após o dimensionamento são estimados, e com base nessa estimativa, o vão do cilindro do laminador de mandril 2 é
5 ajustado pelo controle de retroalimentação.

(vii) Se necessário, a temperatura da barra do mandril 4 pode ser ajustada passando-se a mesma através de um forno de aquecimento.

(viii) Os vãos de não apenas as duas últimas cadeiras de laminação 2b e 2c do laminador de mandril 2 que formam variações de espessura mas também das cadeiras de laminação a montante seguintes dessas cadeiras de laminação 2b e 2c são ajustados para se obter um equilíbrio sobre todo o processo de laminação de alongamento.
10

(ix) Se a relação entre a quantidade de aumento na espessura do tubo matriz 4 no lado de saída do laminador de mandril 2, a quantidade de redução no diâmetro externo e similares no laminador de dimensionamento 3, e a quantidade de variação de espessura no produto tubo de aço sem costura é determinada por antecipação, a relação resultante pode ser expressa em uma tabela ou por uma fórmula de regressão, e a tabela ou fórmula de regressão pode ser armazenada em um computador ou similar.
15
20 As condições de produção podem ser determinadas usando-se condições de produção obtidas de um computador anfitrião e a tabela ou a fórmula de regressão. Quando a laminação é realizada sob essas condições de produção, é possível produzir-se um produto de alta precisão a partir do início da laminação. Se a retroalimentação dos resultados da laminação é executada e a
25 tabela ou fórmula de regressão é corrigida, um produto de precisão mais alta pode ser produzido.

Exemplos

Exemplo 1

Neste exemplo, a presente invenção é aplicada a um caso no qual quatro finas porções provocadas pela razão (b) são formadas em um tubo de aço sem costura no término do dimensionamento. As posições das quatro porções finas estão a 45°, medido do eixo do tubo, em relação à dire-
30

ção de redução do laminador de alongamento.

Um tubo de aço sem costura foi produzido sob as condições a seguir. A Figura 3 ilustra esquematicamente a forma das ranhuras nas duas últimas cadeiras de laminação do laminador de mandril.

5 (1) Material sendo tratado

Dimensões do produto final: Diâmetro externo de 245 mm, espessura da parede de 12 mm

Material: aço carbono

(2) Processo de produção do tubo

10 Forno de aquecimento → laminador de perfuração → laminador de mandril → laminador de dimensionamento extrator

(3) Dimensões das ranhuras das duas últimas cadeiras de laminação do laminador de mandril

Desvio S = 0 mm

15 $R_1 = 150 \text{ mm}$

$\phi_1 = 45^\circ$

Vão da linha de partida do laminador de mandril tal que a forma das ranhuras é um círculo

$G_0 = 50 \text{ mm}$

20 (4) Método de avaliação

O percentual da redução local da espessura da parede do produto final foi descoberto da seguinte maneira:

O percentual de redução local da espessura da parede do produto final = (espessura da parede da porção reduzida localmente – espessura média da parede do produto final)/espessura média da parede do produto final x 100(%).

25

(5) Condições detalhadas

As condições detalhadas estão resumidas na Tabela 1

Tabela 1

	Diâmetro da barra de mandril	Vão do laminador de mandril G_0	Diâmetro externo do laminador de mandril	Espessura da parede do tubo matriz	Aumento na espessura da parede de porções reduzidas localmente no tubo matriz
Método convencional A	278,0 mm	50,0 mm	300 mm	11 mm	0,0 mm
Método A da presente invenção	276,2 mm	47,9 mm	298 mm	11 mm	0,3 mm
Método B da presente invenção	275,6 mm	47,2 mm	297 mm	11 mm	0,4 mm

	Curvatura do fundo da ranhura	Distância entre os fundos das ranhuras	Dobro da distância inversa entre os fundos das ranhuras
Método convencional A	$1/150 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$	300 mm	$1/150 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$
Método A da presente invenção	$1/150 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$	298 mm	$1/149 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$
Método B da presente invenção	$1/150 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$	297 mm	$1/148,5 \text{ (mm}^{-1}\text{)}$

Nesse exemplo, o método convencional A é um método no qual a laminação é executada com o vão do cilindro na direção da redução da cadeira de laminação ajustado para uma posição tal que a forma da ranhura do cilindro seja um círculo. O método A da presente invenção é um método no qual a laminação é realizada com o vão do cilindro na direção da redução da cadeira de laminação diminuído de 2,1 mm do vão no qual a forma da ranhura do cilindro é um círculo. O método B da presente invenção é um método no qual a laminação é realizada com o vão na direção de redução da cadeira de laminação diminuída 2,8 mm do vão no qual a forma da ranhura é um círculo.

Como resultado, com o Método Convencional A, quando 423 tubos foram produzidos, o percentual de redução local da espessura da pa-

rede do produto final foi de 2,50% (0,3 mm).

Em contraste, no Método A da presente invenção, porções que se submeteram à redução foram aumentadas na espessura. Quando 95 tubos foram produzidos, o percentual de redução local da espessura da parede do produto final foi suprimido para 1,00% (0,12 mm).

No Método B da presente invenção, a espessura da parede foi aumentada por mais que a quantidade de redução. Quando 218 tubos foram produzidos, o percentual da redução local da espessura da parede do produto final foi de 0,15% (0,02 mm).

10 Exemplo 2

Neste exemplo, a presente invenção é aplicada a um caso no qual duas porções finas provocadas pelas razões (a) e (c) são formadas em um tubo de aço sem costura no final do dimensionamento. As posições das duas porções finas estão na direção da laminação de alongamento na cadeia final como visto do centro do tubo.

Usando-se as três condições I-III descritas abaixo, os tubos de aço sem costura foram produzidos.

Condição I: Após aquecer a 1000°C, uma armação oca medindo 320 mm de diâmetro, 30 mm de espessura e 6000 mm de comprimento foi submetida à laminação de alongamento usando-se um laminador de mandril de 5 cadeiras até um diâmetro de 270 mm e uma espessura de 15 mm. Após a laminação de alongamento, o dimensionamento foi realizado usando-se um laminador de dimensionamento sem qualquer reaquecimento.

Condição II: Após aquecer a 1000°C, uma armação oca medindo 320 mm de diâmetro, 30 mm de espessura e 6000 mm de comprimento foi submetida à laminação de alongamento usando-se um laminador de mandril de 5 cadeiras para obter um diâmetro de 270 mm e uma espessura de 15 mm. Foi então deixada em um forno de reaquecimento (950°C) por 5 minutos, e então o dimensionamento foi realizado com um laminador de dimensionamento.

Condição III: Após aquecer a 1000°C, uma armação oca medindo 320 mm de diâmetro, 30 mm de espessura e 6000 mm de comprimento

foi submetida à laminação de alongamento até um diâmetro de 270 mm e uma espessura de 15 mm usando-se um laminador de mandril de 6 cadeiras. O dimensionamento foi então realizado usando-se um laminador de dimensionamento sem qualquer reaquescimento.

5 Os resultados estão compilados na Tabela 2.

A "variação de espessura transmitida pelo laminador de mandril" na Tabela 2 significa um vão de cilindro expandido separado da posição da linha de partida na qual a forma do orifício do cilindro é um círculo para a cadeira final, e também significa um vão de cilindro reduzido a partir da posição da linha de base na qual a forma do orifício do cilindro é um círculo para a cadeira antes da cadeira final.

Condições	Método de controle		Condições e efeitos da laminação			
	Variação na espessura (mm) transmitida pelo laminador de mandril	Controle de retroalimentação	Taxa de redução do diâmetro externo (%)	Variação na espessura (%)		
				Condição I	Condição II	Condição III
Exemple C	0,33	Não	20	0,3	0,3	0,2
Exemple D	0,50		30	0,7	0,4	0,5
Exemple E	0,34		20	0,2	0,1	0,3
Exemple F	0,39		30	0,2	0,1	0,1
Exemple G	0,50	Sim	30	0,0	0,0	0,0
Exemplo Comparativo	0,00	Não	20	3,4	2,0	2,5

O percentual de variação da espessura da parede foi definido pela seguinte fórmula:

15
$$\left\{ \frac{\text{espessura da parede do produto (média de duas posições) no fundo da ranhura de uma cadeira de número ímpar do laminador de mandril} - \text{espessura da parede do produto (média de duas posições) no fundo da ranhura de uma cadeira de número par do laminador de mandril}}{\text{espessura média do produto}} \right\} \times 100(\%)$$

20 O controle de retroalimentação foi realizado de forma que foi determinada a média da diferença entre a espessura da parede no fundo das ranhuras para a última cadeira e a espessura da parede no fundo das ranhuras para a cadeira precedente para os últimos 10 tubos no momento da la-

minação usando-se o mesmo tubo de aço do mesmo aço e dimensões, e a espessura da parede no fundo das ranhuras da cadeira final e a espessura da parede do fundo da ranhura da cadeira precedente foram ajustadas por 1/2 da negativa da média. É também mostrado o caso no qual a quantidade de controle da variação de espessura foi mudada.

As variações da espessura da parede são reduzidas por meio do fornecimento de uma porção espessa durante a laminação de alongamento. Sob a condição I na qual as variações da espessura da parede são facilmente formadas, as variações da espessura da parede são notadamente reduzidas pela aplicação do método da presente invenção. Deve ser notado que no Exemplo G no qual o método de controle da retroalimentação é aplicado juntamente com o método da presente invenção, a formação de variações da espessura da parede foi completamente evitada.

Conforme mostrado no Exemplo 1 da Tabela 3, quando não apenas as duas últimas cadeiras mas também as duas cadeiras precedentes são variadas em relação à quantidade de redução da mesma maneira, a formação de fendas pode ser evitada com sucesso.

Condições	Ajuste do vão de laminação nas cadeiras precedentes	Taxa de ocorrência de fendas (%)
Exemplo	Não	2
Exemplo	Sim	0

Esses resultados podem ser obtidos não apenas com um laminador de mandril de dois cilindros mas com um laminador de mandril de três cilindros ou com um laminador de mandril de quatro cilindros.

Modos Alternativos

Na explicação acima, foi dado um exemplo do caso no qual o tubo sem costura é um tubo de aço sem costura. Entretanto, a presente invenção não está limitada a um tubo de aço sem costura, e pode ser aplicada da mesma maneira a um tubo metálico sem costura diferente de um tubo de aço sem costura.

Na explicação acima do primeiro modo para realização da invenção, foi dado um exemplo do caso em que o dimensionamento foi realizado usando-se uma cadeira de laminação com três cilindros calibradores

dispostos a intervalos de 120°. Entretanto, a presente invenção não está limitada a um modo no qual o dimensionamento é realizado usando-se um laminador de dimensionamento, e ela pode ser aplicada da mesma forma ao caso no qual o dimensionamento é realizado usando-se um laminador de redução por estiramento. Adicionalmente, o número de cilindros de um laminador de dimensionamento não é limitado a três, e pode ser dois.

Se o dimensionamento for realizado usando-se um laminador de redução por estiramento, dependendo das condições, há casos nos quais a espessura da parede de um tubo matriz é diminuída. Em casos nos quais a espessura da parede é diminuída, a quantidade de diminuição na espessura da parede é menor em porções onde a temperatura é baixa, então nesse modo para realização da invenção, essas porções podem ser reduzidas na espessura no laminador de mandril, que é oposto ao primeiro modo para realização da invenção.

15 Aplicabilidade Industrial

De acordo com a presente invenção, um tubo sem costura pode ser produzido enquanto se evita as variações locais na espessura da parede na direção circunferencial.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produção de um tubo de aço sem costura, que compreende as etapas de:

preparar um tubo matriz (4);

5 executar laminação de alongamento do tubo matriz (4) utilizando um laminador de mandril (2) compreendendo uma pluralidade de cadeiras de laminação (2a, 2b, 2c) cada tendo cilindros de calibragem para formar variações na espessura da parede na direção circunferencial do tubo matriz (4); a posição e quantidade das variações na espessura da parede sendo determi-
10 nadas previamente em vista das variações na espessura da parede a serem formadas na direção circunferencial de um tubo de aço sem costura durante o dimensionamento de cilindro; e

 realizar o dimensionamento de cilindro do tubo matriz (4) resul-
tante da laminação de alongamento para cancelar as variações na espessu-
15 ra da parede formadas durante a laminação de alongamento, caracterizado pelo fato de que

(i) as variações na espessura de parede do tubo sem costura são porções onde a espessura da parede é diminuída,

(ii) as variações na espessura da parede são localizadas na di-
20 reção circunferencial do tubo matriz (4) a uma posição de cerca de 45° em relação à direção da redução da cadeira final de laminação (2c) da laminação de alongamento, e

(iii) a laminação de alongamento é realizada pela redução do
vão do cilindro do laminador de mandril (2) menor do que um vão do cilindro
25 no qual a forma das ranhuras é um círculo, e usando uma barra de mandril (5) tendo um diâmetro externo menor que o diâmetro externo da barra de mandril com a qual uma espessura de parede alvo pode ser obtida na saída do laminador de mandril (2) quando o vão de cilindro é ajustado de forma que a forma das ranhuras seja um círculo.

30 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que as variações na espessura da parede a serem formadas durante o dimensionamento de cilindro são determinadas em vista das condições de

laminação do dimensionamento de cilindro.

3. Método de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que as condições de laminação incluem variações de temperatura na direção circunferencial do tubo matriz (4).

5 4. Método para produção de um tubo de aço sem costura, que compreende as etapas de:

preparar um tubo matriz (4);

executar laminação de alongamento do tubo matriz (4) utilizando um laminador de mandril (2) compreendendo uma pluralidade de cadeiras de laminação (2a, 2b, 2c) cada tendo cilindros de calibragem para formar variações na espessura da parede na direção circunferencial do tubo matriz (4); a posição e quantidade das variações na espessura da parede sendo determinadas previamente em vista das variações na espessura da parede a serem formadas na direção circunferencial de um tubo de aço sem costura durante o dimensionamento de cilindro; e

realizar o dimensionamento de cilindro do tubo matriz (4) resultante da laminação de alongamento para cancelar as variações na espessura da parede, caracterizado pelo fato de que

(i) as variações na espessura de parede do tubo sem costura são porções onde a espessura da parede é diminuída,

(ii) as variações na espessura da parede são localizadas na direção circunferencial do tubo matriz (4) a uma posição na direção da redução da cadeira final de laminação (2c) da laminação de alongamento, e

(iii) a laminação de alongamento é realizada pelo aumento do vão do cilindro da cadeira final de laminação (2c) do laminador de mandril (2) maior que um vão do cilindro no qual a forma das ranhuras dos cilindros de calibragem é um círculo, e pela diminuição do vão do cilindro na direção de redução da cadeira de laminação precedente (2b) em relação a um vão do cilindro no qual a forma das ranhuras é um círculo.

5. Método de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que as variações na espessura da parede a serem formadas durante o dimensionamento de cilindro são determinadas em vista das condições de

laminação do dimensionamento de cilindro.

6. Método de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que as condições de laminação incluem variações de temperatura na direção circunferencial do tubo matriz (4).

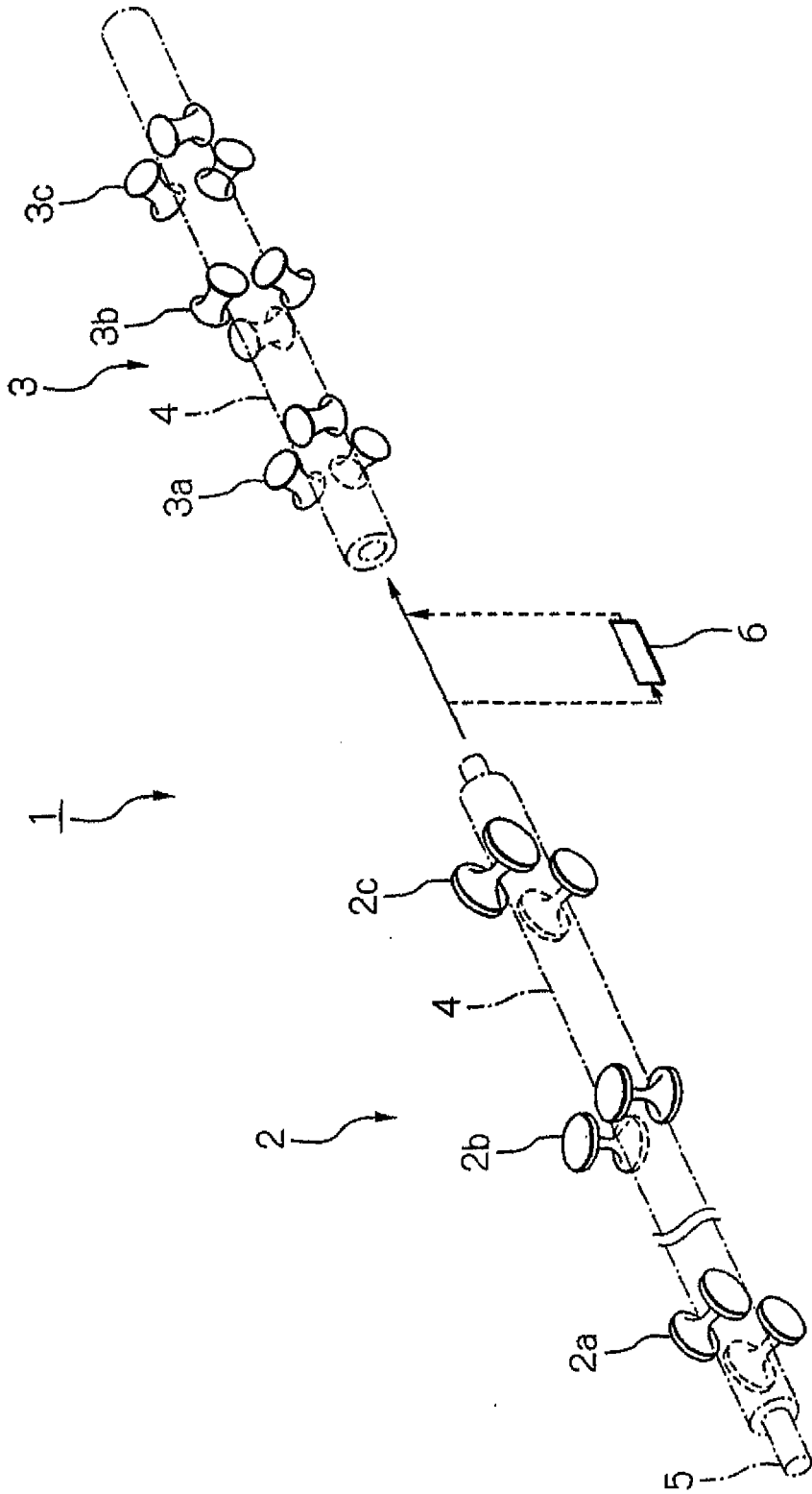
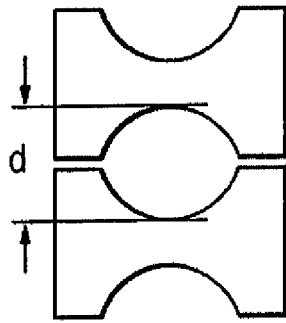
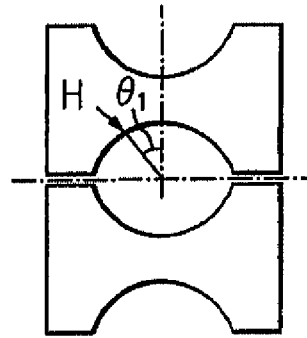
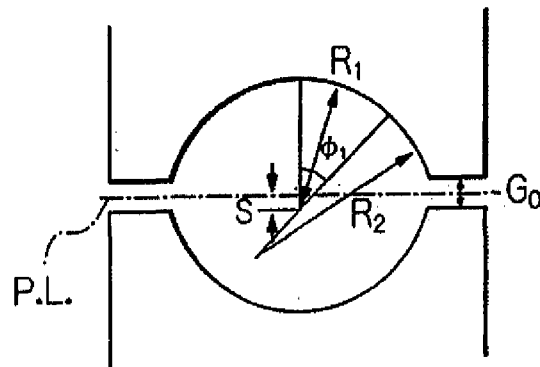


Fig. 1

**Fig. 2A****Fig. 2B****Fig. 3**