



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

(11) PI 0910031-8 B1



(22) Data do Depósito: 27/02/2009

(45) Data de Concessão: 14/07/2020

(54) Título: MÉTODO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA

(51) Int.Cl.: B21B 19/04; B21B 27/02.

(30) Prioridade Unionista: 27/03/2008 JP 2008-082734.

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

(72) Inventor(es): TAKATERU INAGE; TOMIO YAMAKAWA; KAZUHIRO SHIMODA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2009053652 de 27/02/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/119245 de 01/10/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/09/2010

(57) Resumo: MÉTODO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA Trata-se de um método para produzir um tubo sem costura mediante a utilização de um laminador perfurador que perfura e lamina um tarugo redondo aquecido a 1300°C ou menos, sendo que o laminador perfurador é composto por um par de roletes oblíquos disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem, um par de dispositivos guia disposto voltado um para o outro ao redor da linha de passagem e um plugue disposto ao longo da linha de passagem entre o par dos roletes oblíquos e também entre o par dos dispositivos guia, sendo que a laminação-perfuração é realizada sob as condições que satisfazem as fórmulas 1 a 3 a seguir para evitar os defeitos do tubo sem costura: -1,0 delta teta (1) delta teta = teta p - teta r (2) -0,37 X delta teta + 1,47 menor igual a Rn menor igual a 0,37 X delta teta + 2,67 (3) em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas descritas acima são como segue: teta r: o meio ângulo (°) entre a linha de passagem e a face do rolete principal com a condição do ângulo de alimentação dos roletes principais ser zero; Teta p: o meio ângulo (°) entre a (...).

“MÉTODO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA”.

A presente invenção se refere a um método para produzir um tubo sem costura.

Antecedentes da invenção

5 Como um método para produzir um tubo sem costura, o processo Mannesmann é conhecido no qual um tubo sem costura é obtido mediante a sujeição de um tarugo redondo aquecido a uma laminação-perfuração com um laminador perfurador, em seguida à laminação de alongamento com um laminador de mandril, uma laminação automática ou similares e adicionalmente à
10 engomagem com uma laminador calibrador para render o tubo sem costura.

Em geral, o laminador perfurador é uma máquina de perfuração que tem roletes de laminação que consistem em um par de roletes principais em formato de cilindro ou em formato de cônico (também chamado de roletes oblíquos), dispositivos guia, tal como uma sapata guia, roletes de disco, um guia
15 tipo laminador ou similares e uma ferramenta de regulação da superfície interna chamada de plugue.

A figura 1 é uma vista esquemática que ilustra um exemplo de um laminador perfurador oblíquo que utiliza os roletes oblíquos em formato de cônico; e a figura 2 é uma vista esquemática compreendida em direção de A-A na figura 1.
20 A figura 3 é uma vista que ilustra de maneira esquemática o formato do plugue.

Como mostrado na figura 1, em um laminador perfurador, por exemplo, um par de roletes principais 1 é disposto voltado um para o outro assim como para cada uma das linhas centrais axiais do rolete para formar um ângulo transversal de g em relação à linha de passagem X-X do tarugo redondo B como
25 uma peça de trabalho. Adicionalmente, como mostrado na figura 2, um dos roletes principais 1 é disposto de modo a formar um ângulo de alimentação b em relação à linha de passagem X-X. O outro rolete principal 1 não mostrado na figura 2 é disposto voltado para um dos roletes principais 1 com a linha de passagem X-X disposta entre os mesmos no ângulo de alimentação b em relação à linha de
30 passagem X-X. Os roletes principais 1 são diretamente conectados aos

dispositivos de direcionamento 4, respectivamente, para exercerem o movimento espiral ao tarugo redondo B de modo a girarem ao redor das linhas centrais axiais dos roletes como linhas centrais rotativas.

Além disso, como mostrado na figura 2, um par de roletes de disco 2 é disposto voltado um para o outro ao redor da linha de passagem com um deslocamento de fase de 90° a partir do par de roletes principais 1. O par de roletes de disco 2 é acionado de maneira rotacional na mesma direção que a direção de movimento da peça de trabalho em uma velocidade predeterminada para ter uma importante função ao fazer com que a peça de trabalho seja redonda em formato mediante a supressão do aumento do comprimento circunferencial da peça de trabalho durante o processamento de espessura de parede.

Um plugue 3 tem um formato tipo granada cuja extremidade da base é sustentada pela extremidade frontal de uma barra de mandril M; o plugue e a barra de mandril M são dispostos sobre a linha de passagem X-X. Como o material para o plugue 3, os aços fracamente ligados de Cr-Ni são geralmente utilizados, e uma camada de óxido é formada no plugue pelo pré-tratamento térmico de modo a acentuar a durabilidade.

Por exemplo, como mostrado na figura 3, o plugue 3 é composto, principalmente, de uma seção de laminação 31, uma seção de rolamento 32 e uma seção de reforço 33 e tem o diâmetro máximo de Pd no contorno entre a seção de rolamento 32 e a seção de reforço 33. A seção de laminação 31 desempenha principalmente uma função de perfurar o tarugo sólido e a seção de rolamento 32 desempenha uma função de equalizar a espessura da parede do invólucro oco e ao mesmo tempo desempenha uma função de regularizar a superfície interna do invólucro oco. A seção de rolamento 32 tem um meio ângulo θ_p em relação ao centro axial do plugue, ou seja, a linha de passagem do tarugo redondo (vide a figura 5).

Em um laminador perfurador constituído como descrito acima, o tarugo redondo aquecido B é alimentado à direita na linha de passagem X-X na figura e laminado enquanto o tarugo redondo está sendo sujeitado ao

processamento de espessura de parede com os roletes principais 1 e o plugue 3 durante a passagem do tarugo redondo através do vão entre os roletes oblíquos. Nesse caso, o tarugo redondo B se move em espiral sobre a linha de passagem X-X e a parte central axial do tarugo redondo é perfurada com o plugue 3 a ser
5 convertido em um invólucro oco.

Durante a laminação-perfuração com o laminador perfurador, as asperezas formadas sobre a superfície interna do invólucro oco são alisadas pelas ferramentas de regulação da superfície interna no processo inferior tal como o plugue do prolongador, a barra do laminador de mandril e o plugue de uma
10 laminação automática, e então as asperezas se tornam defeitos de vincos (defeito de erupção). Em outras palavras, a ocorrência dos defeitos dos sólidos finos na superfície interna em produtos finais é atribuída às propriedades e às condições (aspereza) da superfície interna do invólucro oco após a perfuração com um laminador perfurador.

Em particular, nos tubos de aço sem costura que são submetidos a altas pressões sobre as superfícies internas dos mesmos, tais como um tubo de injeção de combustível, a ocorrência de defeitos tipo grão de arroz nos sólidos finos poderia levar a um acidente sério através do esguicho inesperado do tubo admitido por tais defeitos. Quando o diâmetro interno do tubo é grande, é possível
20 remover de maneira mecânica os defeitos de superfície interna com um triturador ou similares, entretanto, quando o diâmetro interno do tubo é pequeno, torna-se difícil remover completamente os defeitos de superfície interna. Mesmo se a remoção dos defeitos de superfície interna de um tubo que tem um diâmetro pequeno for possível, o número de etapas de trabalho aumenta de maneira natural
25 e os problemas a partir do ponto de vista de um produto podem não ser resolvidos de maneira que a espessura da parede da parte com o defeito removido fica fina.

Com o propósito de resolver tais problemas como descritos acima, o presente inventor descreveu no Documento de Patente 1 um método para produzir um tubo de aço sem costura mediante a utilização de um plugue onde a camada
30 revestida por carepa da seção de rolamento é tornada mais fina que aquela da

seção de laminação.

Documento de Patente 1: JP10-249412A

Descrição da Invenção

Problemas a serem resolvidos pela Invenção

5 De acordo com a invenção descrita no Documento de Patente 1, a ocorrência de erupção com formato de grão de arroz pode ser evitada. Entretanto, exige-se que a quantidade de remoção da camada revestida por carepa seja estritamente regulamentada e quando o controle da espessura da camada revestida não é realizado de maneira adequada tornando a espessura da camada
10 revestida muito fina, os problemas, tais como arranhões da seção de rolamento e redução da vida útil da ferramenta do plugue, podem aumentar.

A presente invenção tem como objetivo prover um método para produzir um tubo sem costura capaz de aperfeiçoar as propriedades e as condições da superfície interna de um invólucro oco após a laminação-perfuração
15 e suprimir os defeitos de vinco de um tubo sem costura.

Meios para Solucionar os Problemas

O presente inventor fez um estudo diligente de modo a solucionar tais problemas como descritos acima e conseqüentemente fez as revelações a seguir:

A figura 4 é uma vista esquemática que ilustra um exemplo do
20 processo de laminação-perfuração na seção transversal perpendicular à linha de passagem. Como mostrado na figura 4, na laminação-perfuração, por exemplo, uma peça de trabalho 5 é pressionada no espaço formado pelo par de roletes principais 1 e o plugue 3 e assim, a peça de trabalho 5 é sujeitada ao processamento de espessura de parede. Conseqüentemente, o aumento do
25 diâmetro externo é suprimido em uma posição meio virada pelos roletes de disco 2 e o processamento de espessura de parede é conduzido novamente pelo par de roletes principais 1 e o plugue 3. Mediante a repetição de tais operações, um orifício é perfurado na peça de trabalho 5 e ao mesmo tempo a espessura de parede da peça de trabalho 5 é controlada.

30 Aqui, a superfície interna da peça de trabalho 5 que alcançou a região

indicada por "a" na figura 4 é submetida à ação de uma força de contração na direção circunferencial e assim, os vincos podem ocorrer. Subsequentemente, quando a peça de trabalho 5 se move em espiral para alcançar a região indicada por "b" na figura 4, a superfície externa da peça de trabalho é induzida para entrar em contato com os roletes principais 1. Nesse momento, a peça de trabalho 5 é submetida ao processamento de diâmetro externo e, portanto, os vincos de superfície interna formados na região "a" são aprofundados. Subsequentemente, quando a peça de trabalho 5 alcança a região indicada por "c" na figura 4, a superfície interna da peça de trabalho 5 é induzida para entrar em contato com o plugue 3. Nesse momento, os vincos são estendidos na direção circunferencial para se desenvolverem em defeitos de sólidos finos.

O presente inventor investigou os fatores que degradam as propriedades e as condições da superfície interna das peças de trabalho e, conseqüentemente, fez as revelações a seguir com relação à ocorrência de problemas quanto à perfuração, tais como a rugosidade da superfície interna de um tubo e obstrução da terminação da peça de trabalho (ou seja, a condição na qual no término da laminação-perfuração a peça de trabalho ainda não se desprende dos roletes principais ou o plugue permanece na parte de fundo da peça de trabalho).

(a) Com o aumento do número de vezes R_n do rolamento do plugue, a força de acionamento na direção do movimento adiante da peça de trabalho é diminuída. Conseqüentemente, a velocidade da peça de trabalho no término da laminação-perfuração é diminuída e os problemas quanto à perfuração, tais como obstrução da terminação, tendem a ocorrer. Entretanto, com o aumento de $\Delta\theta (= \theta_p - \theta_r$, em que θ_r : o meio ângulo entre a linha de passagem e a face do rolete principal na condição em que o ângulo de alimentação dos roletes principais é zero, θ_p : o meio ângulo entre a linha de passagem e a seção de rolamento do plugue), a redução de laminação no lado de saída da fenda é aumentada e a pressão interfacial é aumentada para minimizar os problemas quanto à perfuração. Conseqüentemente, o grau de liberdade (principalmente o grau de liberdade do

limite superior) do número de vezes R_n do rolamento do plugue é aumentado.

(b) Com o aumento do número de vezes R_n do rolamento do plugue, o número de vezes da laminação aplicada à peça de trabalho é aumentado e, portanto, a aspereza da superfície interna do invólucro perfurado tende a ser reduzida. Tal efeito de redução de aspereza é acentuado com o aumento de $\Delta\theta$ ($= \theta_p - \theta_r$). Consequentemente, o grau de liberdade (principalmente o grau de liberdade do limite inferior) do número de vezes R_n do rolamento do plugue é aumentado.

(c) Com o aumento de D_2/D_1 , a velocidade circunferencial do rolete no lado de saída da fenda é aumentada e, portanto, a expansão do diâmetro externo na região indicada por "b" na figura 4 pode ser suprimida. Consequentemente, mesmo quando o número de vezes R_n do rolamento do plugue é diminuído, também é possível evitar a ocorrência de vincos e o grau de liberdade (principalmente o grau de liberdade do limite inferior) do número de vezes R_n do rolamento do plugue é aumentado.

O descrito acima q_r significa o meio ângulo (vide " θ_r " na figura 5) entre a linha de passagem e a face de rolete principal na condição onde o ângulo de alimentação do rolete principal é zero; e o descrito acima θ_p significa o meio ângulo (vide " θ_p " na figura 5) entre a linha de passagem e a seção de rolamento do plugue. Deve ser observado que o número de vezes R_n do rolamento do plugue é obtido através da fórmula a seguir:

$$R_n = L_p / (\pi \times d \times \tan\beta/2)$$

Nesta fórmula, L_p significa o comprimento (mm) da seção de rolamento, d significa o valor obtido a partir de da fórmula a seguir e b significa o ângulo de alimentação ($^\circ$) dos roletes principais:

$$d = (d_1 + d_2)/2$$

em que, d_1 é o diâmetro externo (mm) do tarugo redondo e d_2 é o diâmetro externo do invólucro oco.

A presente invenção foi alcançada com base em tais revelações como descrito acima e envolve um método para produzir um tubo sem costura

mostrado nos números 1 a 4 a seguir:

1. Um método para produzir um tubo sem costura mediante a utilização de um laminador perfurador que perfura e lamina um tarugo redondo aquecido a 1300°C ou menos, sendo que o laminador perfurador é composto de:

5 um par de roletes oblíquos disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem;

um par de dispositivos guia disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem; e

10 um plugue disposto ao longo da linha de passagem entre o par dos roletes oblíquos e também entre o par dos dispositivos guia,

em que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições que satisfazem as fórmulas 1 a 3 a seguir:

$$-1,0 < \Delta\theta \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r \quad (2)$$

$$15 \quad -0,37 \times \Delta\theta + 1,47 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (3)$$

em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas descritas acima são como segue:

θ_r : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem e a face do rolete principal com a condição do ângulo de alimentação dos roletes principais ser zero

20 θ_p : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem e a seção de rolamento do plugue

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue

2. Um método para produzir um tubo sem costura mediante a utilização de um laminador perfurador que perfura e lamina um tarugo redondo aquecido a 1300°C ou menos, sendo que o laminador perfurador é composto de:

25 um par de roletes oblíquos disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem;

um par de dispositivos guia disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem; e

30 um plugue disposto ao longo da linha de passagem entre o par dos

roletes oblíquos e também entre o par dos dispositivos guia,

em que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições que satisfazem as fórmulas 1, 2 e 4 a seguir:

$$-1,0 < \Delta\theta \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r \quad (2)$$

$$-0,24 \times \Delta\theta + 1,73 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (4)$$

em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas descritas acima são como segue:

θ_r : o meio ângulo ($^\circ$) entre a linha de passagem e a face do rolete com a condição do ângulo de alimentação dos roletes principais ser zero

θ_p : o meio ângulo ($^\circ$) entre a linha de passagem e a seção de rolamento do plugue

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue

3. Método para produzir um tubo sem costura de acordo com 1 ou 2, em que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições adicionais que satisfazem a fórmula 5 a seguir:

$$-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74 \leq R_n \quad (5)$$

em que os significados dos símbolos individuais na fórmula descrita acima são como segue:

D_1 : o diâmetro do rolete (mm) na parte de fenda dos roletes principais

D_2 : o diâmetro externo do rolete principal (mm) na posição da parte de diâmetro máximo do plugue

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue

4. Método para produzir um tubo sem costura de acordo com 1 ou 2, em que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições adicionais que satisfazem a fórmula 6 a seguir:

$$-1,25 \times D_2/D_1 + 2,88 \leq R_n \quad (6)$$

em que os significados dos símbolos individuais na fórmula descrita acima são como segue:

D_1 : o diâmetro do rolete (mm) na parte de fenda dos roletes principais

D₂: o diâmetro externo do rolete principal (mm) na posição da parte de diâmetro máximo do plugue

R_n: o número de vezes do rolamento do plugue

Na presente invenção, a seção de rolamento significa a parte que
5 satisfaz qualquer uma das condições a seguir:

(A) A parte na qual o coeficiente de trabalho da espessura de parede obtido a partir de a fórmula a seguir é 5% ou menos:

o coeficiente de trabalho da espessura de parede = $(G_1 - G_2)/G_1 \times 100(\%)$

10 em que os significados dos símbolos individuais na fórmula são como segue:

G₁: a distância (mm) entre o plugue e o rolete na posição de início na parte correspondente do plugue

G₂: a distância (mm) entre o plugue e o rolete na posição de término na parte correspondente do plugue
15

(B) A parte, na proximidade do lado de entrada, da parte de diâmetro máximo do plugue

(C) A parte na qual a diferença de ângulo frontal obtida a partir da fórmula a seguir é 2° ou menos quando a seção que corresponde à seção de rolamento não apresentar curvatura:
20

Diferença de ângulo frontal (°) = ângulo frontal da parte relacionada do plugue - ângulo frontal do lado de saída dos roletes:

em que, "a posição de início na parte correspondente do plugue" significa, por exemplo, a posição limítrofe entre as seções indicadas por números de referência 31 e 32 na figura 3 e "a posição de término na parte correspondente do plugue" significa, por exemplo, a posição limítrofe entre as seções indicadas por números de referência 32 e 33 na figura 3.
25

Vantagens da Invenção

De acordo com a presente invenção, as propriedades e as condições da superfície interna de um invólucro oco após a laminação-perfuração podem ser
30

aprimoradas e os defeitos de vinco podem ser evitados em um tubo sem costura que é obtido mediante a realização de laminação de alongamento e engomagem após a laminação-perfuração.

Breve Descrição dos Desenhos

5 A figura 1 é uma vista esquemática que ilustra um exemplo de um laminador perfurador oblíquo que utiliza os roletes oblíquos em formato cônico;

a figura 2 é uma vista esquemática que ilustra uma vista na direção de A-A na figura 1;

10 a figura 3 é uma vista esquemática que ilustra o formato de um plugue;

a figura 4 é uma vista esquemática que ilustra um exemplo de um processo de laminação-perfuração em uma seção transversal perpendicular a uma linha de passagem;

15 a figura 5 é uma vista esquemática que ilustra os roletes principais e o plugue sob as condições de que o ângulo de alimentação b é zero;

a figura 6 é um gráfico que mostra a relação entre $\Delta\theta$ e R_n ; e

a figura 7 é um gráfico que mostra a relação entre D_2/D_1 e R_n .

Descrição de Símbolos

1	Roleta principal
20 2	Roleta de disco
3	Plugue
31	Seção de laminação
32	Seção de rolamento
33	Seção de reforço
25 4	Dispositivo de direcionamento
5	Peça de trabalho
B	Tarugo redondo

Melhor Maneira de Executar a Invenção

30 Os laminadores perfuradores existentes podem ser empregados no método para produzir os tubos de aço sem costura de acordo com a presente

invenção. Em outras palavras, um laminador perfurador pode ser utilizado no qual um plugue é disposto ao longo de uma linha de passagem entre um par de roletes oblíquos e também entre um par de dispositivos guia, os membros em cada um desses pares sendo dispostos voltados uns para os outros ao redor da linha de
 5 passagem e que tem os dispositivos guia comuns, tais como as sapatas guia, os roletes de disco ou os guias tipo cilindro. O formato do plugue também não é particularmente limitado. Por exemplo, pode ser utilizado um plugue que tem uma estrutura que consiste na seção de laminação 31, na seção de rolamento 32 e na seção de reforço 33 como mostrado na figura 3 e que tem um diâmetro máximo no
 10 contorno entre a seção de rolamento 32 e a seção de reforço 33.

Prefere-se utilizar os roletes de disco como o dispositivo guia, pois os roletes de disco podem aumentar a velocidade do material na direção axial. É preferível também utilizar os roletes em formato cônico como os roletes principais.

O tarugo redondo a ser sujeito à laminação-perfuração é exigido
 15 ser aquecido a 1300°C ou menos. Quando a temperatura do tarugo redondo excede 1300°C, os defeitos de superfície interna ocorrem devido à fusão da superfície interna do tarugo redondo para degradar as propriedades e as condições da superfície interna do tubo. Por outro lado, a resistência quanto à deformação do tarugo redondo se torna maior com o aumento considerável da temperatura para
 20 tornar possível a realização de laminação-perfuração ou reduz de forma considerável a vida operacional do plugue e de outras instalações de produção. Portanto, prefere-se ajustar a temperatura do tarugo redondo a 1150°C ou mais alta.

Aqui, $\Delta\theta$ definido pela fórmula (a) a seguir é exigido ser ajustado a -
 25 1,0 ou mais:

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r \quad (a)$$

em que os significados dos símbolos individuais na fórmula descrita acima são como segue:

θ_r : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem e a face do rolete
 30 principal com a condição do ângulo de alimentação dos roletes principais ser zero

θ_p : o meio ângulo ($^\circ$) entre a linha de passagem e a seção de rolamento do plugue

Especificamente, a superfície interna do invólucro oco após a laminação-perfuração é regularizada mediante o aumento do número de vezes R_n do rolamento do plugue; entretanto, dependendo do valor do ângulo frontal do plugue θ_p com relação àquele do ângulo frontal do lado de saída θ_r dos roletes principais, alguns problemas podem ocorrer, incluindo a regularização insuficiente e as falhas, tais como a obstrução da terminação e a irregularidade da espessura de parede. Esta tendência é acentuada com a diminuição do $\Delta\theta$ descrito acima e quando $\Delta\theta$ é menor que -1,0, mesmo o aumento do número de vezes R_n do rolamento do plugue fracassa na regularização da superfície interna do invólucro oco após a laminação-perfuração. Portanto, $\Delta\theta$ é ajustado a -1,0 ou mais.

Quando o número de vezes R_n do rolamento do plugue é muito pequeno, a aspereza de superfície da superfície interna do invólucro oco após a laminação-perfuração é alta; e quando o número de vezes R_n do rolamento do plugue é muito alto, o problema da obstrução da terminação tende a ocorrer. Entretanto, com o aumento de $\Delta\theta$, todos esses problemas dificilmente ocorrem. Isto porque o aumento de $\Delta\theta$ aumenta a redução de laminação no lado de saída da fenda e assim, a pressão interfacial é aumentada para minimizar o problema quanto à perfuração. Em outras palavras, o processamento com a seção de rolamento pode ser concentrado na segunda metade da operação e assim, mesmo com o mesmo número de vezes do rolamento do plugue, um invólucro oco satisfatório quanto às propriedades e condições da superfície interna pode ser obtido. Consequentemente, o número de vezes R_n do rolamento do plugue é exigido para satisfazer a relação representada pela fórmula (b) a seguir em termos de $\Delta\theta$. Mais preferível é o caso onde a fórmula (b1) a seguir é satisfeita:

$$-0,37 \times \Delta\theta + 1,47 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (b)$$

$$-0,24 \times \Delta\theta + 1,73 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (b1)$$

O número de vezes R_n do rolamento do plugue de preferência ainda satisfaz a fórmula (c) a seguir. Mais preferível é o caso onde a fórmula (d) a seguir

é satisfeita:

$$-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74 \leq R_n \quad (c)$$

$$-1,25 \times D_2/D_1 + 2,88 \leq R_n \quad (d)$$

em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas

5 descritas acima são como segue:

D_1 : o diâmetro do rolete (mm) na parte de fenda dos roletes principais

D_2 : o diâmetro externo do rolete principal (mm) na posição da parte de diâmetro máximo do plugue

A aspereza da superfície interna do invólucro oco após a laminação-perfuração tende a ser afetada pelo diâmetro do rolete na posição no lado de saída dos roletes principais. Quando o diâmetro externo do rolete principal D_2 na posição do diâmetro máximo do plugue é estabelecido para ser maior que o diâmetro da parte da fenda D_1 dos rolos principais, o alongamento compressivo na direção circunferencial que atua sobre a superfície interna da peça de trabalho tende a ser relaxado e, conseqüentemente, a supressão dos vincos na superfície interna do tudo é facilitada. Como descrito acima, o valor pequeno de $\Delta\theta$ torna difícil regularizar a superfície interna do tubo, entretanto, mediante o ajuste da relação entre D_2/D_1 e R_n de modo a satisfazer as condições representadas pela fórmula (c) descrita acima, a aspereza de superfície da superfície interna do tubo pode ser aperfeiçoada. A aspereza de superfície da superfície interna do tubo é adicionalmente aperfeiçoada mediante o ajuste da relação entre D_2/D_1 e R_n de modo a satisfazer a fórmula (c) descrita acima.

O método para produzir um tubo sem costura de acordo com a presente invenção pode ser aplicada a quaisquer tubos, tais como tubos metálicos, tubos de aço comum, tubos de aço fracamente ligados e tubos de aço altamente ligados e é particularmente adequado para tubos de aço com superfícies regularizadas que são utilizadas para componentes automotivos.

Exemplo 1

Uma placa produzida por fundição continua de um aço tendo a composição química mostrada na Tabela 1 foi submetida a laminação e acabada

em tarugos redondos de 225 mm no diâmetro externo, e da porção central do lingote redondo, um lingote redondo de 70 mm no diâmetro externo foi maquinado para preparar um material de amostra. Como o dispositivo guia, os roletes de disco foram utilizados; o formato do rolete principal e o formato do plugue são variados e assim, a laminação-perfuração foi realizada mediante a condições de produção mostradas na Tabela 2 ou 3; e a aspereza da superfície interna (a altura máxima Rz definida por JIS-0601) de cada um dos invólucros ocos obtidos foi medida.

Tabela 1

Composição química do material de amostra (% em massa, qsp 100%: Fe e impurezas)						
C	Si	Mn	P	S	Ca	Nb
0,20	0,35	1,35	0,012	0,01	0,001	0,04

Tabela 2

Temperatura de aquecimento	1180°C – 1240°C
Ângulo de alimentação β	7° – 16°
Diâmetro da fenda D_1 dos roletes principais	350 ϕ – 410 ϕ mm
Ângulo frontal do lado de saída θ_r dos roletes principais	3° – 5.5°
Razão do diâmetro do rolete D_2/D_1	0,9 – 1,3
$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r$	-0,25° – 1,0°
Diâmetro externo do invólucro oco	70,0 – 75,0 mm
Espessura de parede do invólucro oco	4,6 – 10,1 mm

Tabela 3

Temperatura de aquecimento	1180°C – 1240°C
Ângulo de alimentação β	7° – 16°
Diâmetro da fenda D_1 dos roletes principais	350 ϕ – 410 ϕ mm
Ângulo frontal do lado de saída θ_r dos roletes principais	3° – 5.5°
Razão do diâmetro do rolete D_2/D_1	0,95 – 1,15
$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r$	-1,5° – 1,25°
Diâmetro externo do invólucro oco	70,0 – 75,0 mm
Espessura de parede do invólucro oco	4,6 – 10,1 mm

A figura 6 mostra as propriedades e as condições da superfície interna do invólucro oco produzido mediante as condições mostradas na Tabela 2 com relação a $\Delta\theta$ e R_n e a figura 7 mostra as propriedades e as condições da superfície interna do invólucro oco produzido mediante as condições mostradas na

Tabela 3 com relação a D_2/D_1 e R_n .

Nas figuras 6 e 7, ▲, △ e ○ significam que a aspereza da superfície interna do invólucro oco é tal que $R_z > 150 \mu\text{m}$, $100 \mu\text{m} \leq R_z \leq 150 \mu\text{m}$, e $R_z < 100 \mu\text{m}$, respectivamente. Na figura 6, × significa que ocorreram os problemas quanto à perfuração, tais como obstrução da terminação.

5 Como mostrado na Figura 6, na região onde $\Delta\theta$ foi menos que $-1,0$, a aspereza da superfície interna R_z do invólucro oco excedeu $150 \mu\text{m}$ ou ocorreu problema de penetração. Embora $\Delta\theta$ foi $-1,0$, na região onde R_n excedeu " $0,37 \times \Delta\theta + 2,67$ ", o problema quanto à perfuração ocorreu e na região onde R_n foi menos que " $-0,37 \times \Delta\theta + 1,47$ ", a aspereza de superfície R_z aumentou. Quando as
10 condições de produção foram reguladas de maneira que R_n ficaram na região igual a ou maior que " $-0,24 \times \Delta\theta + 1,73$ ", a aspereza de superfície R_z foi capaz de ser diminuída.

Como mostrado na figura 7, na região onde R_n foi menos que " $-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74$ ", a aspereza de superfície aumentou e na região onde R_n foi igual a
15 ou maior que " $-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74$ ", a aspereza de superfície ficou dentro de uma faixa satisfatória. Na região onde R_n foi igual a ou maior que " $-1,25 \times D_2/D_1 + 2,88$ ", a aspereza de superfície foi capaz de ser ainda mais diminuída.

Exemplo 2

20 Uma fundição continua de material tendo a composição química mostrada na Tabela 1 foi convertida em tarugos redondos de 191 mm no diâmetro externo por laminação, então cada um dos tarugos redondos que foram submetidos á perfuração por laminação sob as condições na Tabela 4 e a partir de cada um dos lingotes redondos, 100 tubos de aço sem costura de 73 mm no diâmetro externo e 5,51 mm na espessura de parede foram produzidos, e as
25 propriedades e condições da superfície interna dos tubos de aço sem costura obtidos foram investigadas. Os resultados assim obtidos são mostrados na Tabela 5.

Tabela 4

Temperatura de aquecimento	1240°C
Ângulo de alimentação β	6° – 16°
Diâmetro da fenda D_1 dos roletes principais	1400φmm

Ângulo frontal do lado de saída θ_r dos roletes principais	$3^\circ - 4^\circ$
Razão do diâmetro do cilindro D_2/D_1	1,05 – 1,15
$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r$	$-1,5^\circ - 1,25^\circ$
Número de vezes R_n de rolamento do plugue	0,8 – 3,5

Tabela 5

	$\Delta\theta$	D_2/D_1	A	B	C	D	E	R_n	Taxa de ocorrência de defeitos de superfície interna
Exemplos comparativos	-1,50	1,1	-0,53	-0,59	0,62	0,27	-0,00	1,50	100
	-1,50	1,1	0,98	0,91	-0,89	1,77	1,50	3,00	Problema quanto à perfuração
	-1,00	1,1	1,16	1,03	-0,70	1,77	1,50	3,00	Problema quanto à perfuração
	1,00	1,1	-0,10	-0,49	2,04	-0,23	-0,51	1,00	70
	1,00	1,1	0,15	-0,24	1,79	0,02	-0,26	1,25	10
	1,25	1,1	-0,01	-0,43	2,13	-0,23	-0,51	1,00	15
	1,00	0,9	0,15	-0,24	1,79	-0,26	-0,51	1,25	90
	1,00	1,0	0,15	-0,24	1,79	-0,12	-0,38	1,25	50
	1,00	1,2	0,15	-0,24	1,79	0,15	-0,13	1,25	8
	1,00	1,25	0,15	-0,24	1,79	0,22	-0,07	1,25	5
Exemplos da presente invenção	-1,00	1,1	0,16	0,03	0,30	0,77	0,50	2,0	3
	-0,50	1,1	0,35	0,15	0,49	0,77	0,50	2,0	2
	0,00	1,1	0,53	0,27	0,67	0,77	0,50	2,0	1
	0,50	1,1	1,22	0,89	0,36	1,27	1,00	2,5	0
	1,25	1,1	1,49	1,07	0,63	1,27	1,00	2,5	0
	1,00	1,3	0,15	-0,24	1,79	0,29	-0,00	1,25	2

Nota-se que os significados de A a E na tabela descrita acima são como segue:

A: valor calculado de " $R_n - (-0,37 \times \Delta\theta + 1,47)$ "

B: valor calculado de " $R_n - (-0,24 \times \Delta\theta + 1,73)$ "

C: valor calculado de " $0,37 \times \Delta\theta + 2,67 - R_n$ "

D: valor calculado de " $R_n - (-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74)$ "

E: valor calculado de " $R_n - (-1,25 \times D_2/D_1 + 2,88)$ "

Como mostrado na Tabela 5, as taxas de ocorrência dos defeitos de superfície interna foram capazes de serem reduzidas de maneira considerável nos exemplos da presente invenção comparadas àquelas nos Exemplos Comparativos.

Aplicabilidade Industrial

De acordo com a presente invenção, as propriedades e as condições

da superfície interna de um invólucro oco após a laminação-perfuração podem ser aperfeiçoadas e os defeitos de vinco em um tubo sem costura, que são obtidos mediante a realização de laminação de alongamento e engomagem após a laminação-perfuração, podem ser evitados.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir um tubo sem costura utilizado para componentes automotivos mediante a utilização de um laminador perfurador que perfura e lamina um tarugo redondo aquecido (B) a 1300°C ou menos, o laminador perfurador é composto de:

um par de roletes oblíquos (1) disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem (X-X);

um par de dispositivos guia (2) disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem (X-X); e

um plugue (3) disposto ao longo da linha de passagem (X-X) entre o par dos roletes oblíquos (1) e também entre o par dos dispositivos guia (2), o plugue não possui uma parte de ponteira de laminação compreendendo:

uma parte de forma cilíndrica com comprimento axial L2 (mm) possuindo mesmo diâmetro externo d (mm) na direção axial ou possuindo um afunilamento cujo diâmetro d aumenta em direção à extremidade traseira axial e o meio ângulo do afunilamento é 2° ou menos; e

uma forma esférica com um raio de curvatura r (mm) e um comprimento axial L1 (mm),

CARACTERIZADO pelo fato de que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições que satisfazem as fórmulas 1 a 3 a seguir:

$$-1,0 < \Delta\theta \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r \quad (2)$$

$$-0,37 \times \Delta\theta + 1,47 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (3)$$

em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas descritas acima são como segue:

θ_r : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem (X-X) e a face (1c) do rolete principal (1) com a condição do ângulo de alimentação dos roletes principais (1) ser zero;

θ_p : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem (X-X) e a seção

de rolamento (32) do plugue;

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue.

2. Método para produzir um tubo sem costura utilizado para componentes automotivos mediante a utilização de um laminador perfurador que perfura e lamina um tarugo redondo (B) aquecido a 1300°C ou menos, o laminador perfurador é composto de:

um par de roletes oblíquos (1) disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem (X-X);

um par de dispositivos guia (2) disposto voltado um para o outro ao redor de uma linha de passagem (X-X); e

um plugue (3) disposto ao longo da linha de passagem (X-X) entre o par dos roletes oblíquos (1) e também entre o par dos dispositivos guia (2), o plugue não possui uma parte de ponteira de laminação compreendendo:

uma parte de forma cilíndrica com comprimento axial L_2 (mm) possuindo mesmo diâmetro externo d (mm) na direção axial ou possuindo um afunilamento cujo diâmetro d aumenta em direção à extremidade traseira axial e o meio ângulo do afunilamento é 2° ou menos; e

uma forma esférica com um raio de curvatura r (mm) e um comprimento axial L_1 (mm),

CARACTERIZADO pelo fato de que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições que satisfazem as fórmulas 1, 2 e 4 a seguir:

$$-1,0 < \Delta\theta \quad (1)$$

$$\Delta\theta = \theta_p - \theta_r \quad (2)$$

$$-0,24 \times \Delta\theta + 1,73 \leq R_n \leq 0,37 \times \Delta\theta + 2,67 \quad (4)$$

em que os significados dos símbolos individuais nas fórmulas descritas acima são como segue:

θ_r : o meio ângulo (°) entre a linha de passagem (X-X) e a face (1c) do rolete principal (1) com a condição do ângulo de alimentação dos

roletes principais (1) ser zero;

θ_p : o meio ângulo ($^\circ$) entre a linha de passagem (X-X) e a seção de rolamento (32) do plugue;

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue.

3. Método para produzir um tubo sem costura utilizado para componentes automotivos de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições adicionais que satisfazem a fórmula 5 a seguir:

$$-1,37 \times D_2/D_1 + 2,74 \leq R_n \quad (5)$$

em que os significados dos símbolos individuais na fórmula descrita acima são como segue:

D_1 : o diâmetro do rolete (mm) na parte de fenda dos roletes principais (1);

D_2 : o diâmetro externo do rolete principal (mm) na posição da parte de diâmetro máximo do plugue;

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue.

4. Método para produzir um tubo sem costura utilizado para componentes automotivos de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a laminação-perfuração é realizada mediante as condições adicionais que satisfazem a fórmula 6 a seguir:

$$-1,25 \times D_2/D_1 + 2,88 \leq R_n \quad (6)$$

em que os significados dos símbolos individuais na fórmula descrita acima são como segue:

D_1 : o diâmetro do rolete (mm) na parte de fenda dos roletes principais (1);

D_2 : o diâmetro externo do rolete principal (mm) na posição da parte de diâmetro máximo do plugue;

R_n : o número de vezes do rolamento do plugue.

FIG. 2

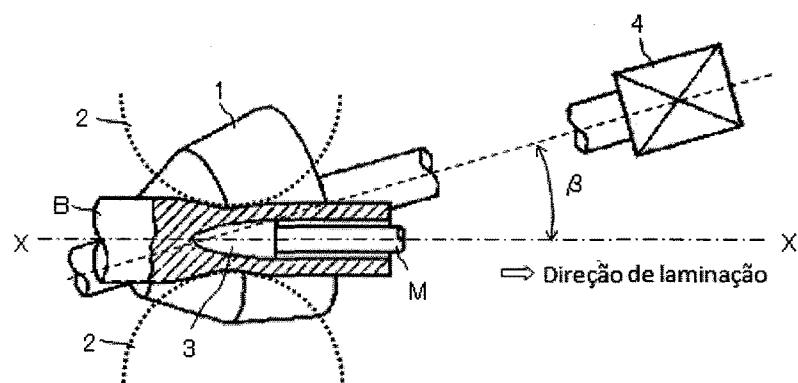


FIG. 3

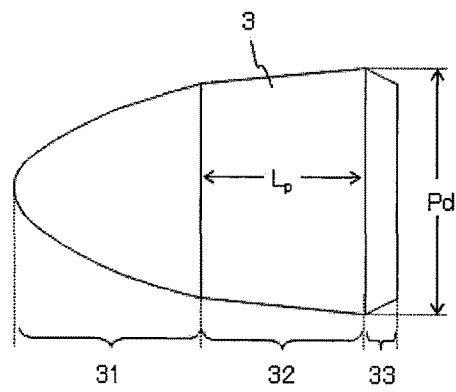


FIG. 4

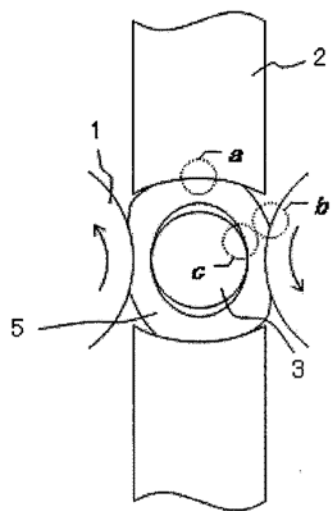


FIG. 5

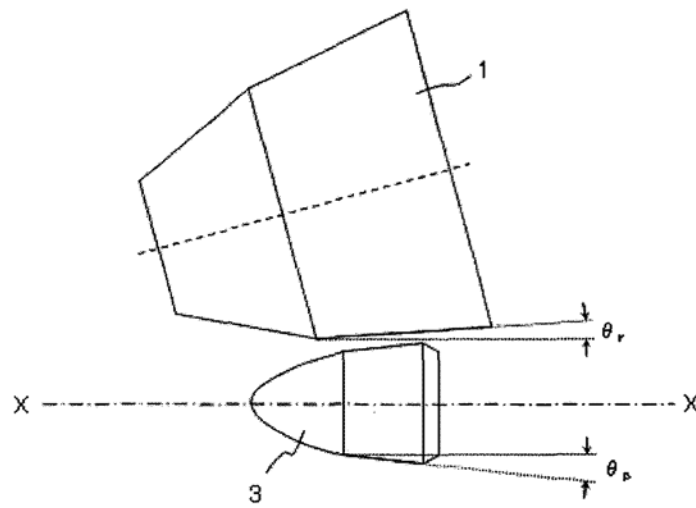


FIG. 6

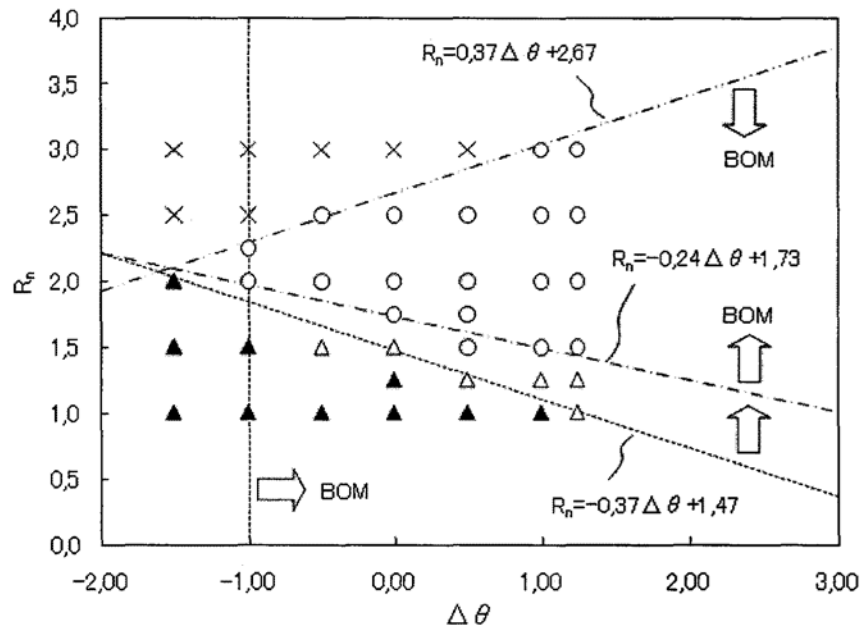


FIG. 7

