



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

(11) PI 0709912-6 B1



(22) Data do Depósito: 30/03/2007

(45) Data de Concessão: 03/09/2019

(54) Título: PROCESSO DE FABRICAR TUBO OU CONDUTO SEM COSTURA

(51) Int.Cl.: B21B 19/04; B21B 23/00; B21B 39/00; B21C 51/00.

(30) Prioridade Unionista: 31/03/2006 JP 2006-098634.

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

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

(86) Pedido PCT: PCT JP2007057085 de 30/03/2007

(87) Publicação PCT: WO 2007/116821 de 18/10/2007

(85) Data do Início da Fase Nacional: 30/09/2008

(57) Resumo: PROCESSO DE FABRICAR TUBO OU CONDUTO SEM COSTURA A presente invenção refere-se a um tarugo previsto em uma linha de passe entre um impulsor e um plugue, e o tarugo é avançado e recolhido entre uma pluralidade de rolos inclinados. Pelo menos entre quando o tarugo recolhido contata o plugue e quando a perfuração e a laminação atingem um estado estável, a velocidade de avanço do tarugo não é inferior à velocidade de avanço do tarugo quando a perfuração e a laminação são executadas sem impelir o tarugo para frente pelo impulsor no estado estável. Conforme este processo de fabricação, defeitos de superfície interna em uma extremidade da ponta do casco oco podem ser restrito.

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"PROCESSO DE FABRICAR TUBO OU CONDUTO SEM COSTURA"**.

CAMPO TÉCNICO

[001] A presente invenção refere-se a um processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura e mais especificamente, a um processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura através da perfuração e laminação de um tarugo usando uma laminadora perfuradora.

ANTECEDENTES DA TÉCNICA

[002] O tubo ou o conduto sem costura, em geral, é produzido por perfurar e laminar um tarugo circular maciço usando uma laminadora perfuradora. A laminadora perfuradora inclui um impulsor previsto ao longo de uma linha de passe no lado de admissão, um plugue previsto ao longo da linha de passe no lado de saída, e uma pluralidade de rolos inclinados dispostos em relação oposta entre si com o plugue intermediário.

[003] Um tarugo aquecido em um forno calefator é previsto na linha de passe. A seguir, o tarugo tem sua extremidade impelida pelo impulsor e é transportado no sentido entre a pluralidade de rolos inclinados ao longo da linha de passe. Em outras palavras, o impulsor serve para transportar o tarugo. Quando o tarugo é interposto entre a pluralidade de rolos inclinados, o impulsor descontinua sua operação. O tarugo engatado entre a pluralidade de rolos inclinados é perfurado e laminado conforme avança helicoidalmente, e formado em um casco oco.

[004] Na perfuração e laminação acima descrita, os defeitos em forma de folha, aletas ou em forma de superposto (doravante designados de "defeitos de superfície interna") são gerados na superfície interna do casco oco após a perfuração e a laminação devido ao efeito de forjamento rotativo e deformação de cisalhamento adicional. Por conseguinte, as medidas para reduzir os defeitos de superfície interna

foram estudadas.

[005] Os processos de limitar os ditos defeitos de superfície interna durante a perfuração e laminação são descritos pela JP 2000-246311 A (doravante designada de "Documento de Patente 1", JP2001-162306A (doravante designado de "Documento de Patente 2") e Patente Japonesa nº 3503552 (designado de Documento de Patente 3"). Na descrição destes documentos, a perfuração e laminação podem ser realizadas com uma redução de laminação menor que no caso convencional, de maneira a limitar os defeitos superficiais internos. Se a redução de laminação é reduzida durante a perfuração e a laminação, o tarugo é menos estavelmente recolhido entre os rolos inclinados, porém a dita entrada deficiente é impedida quando o impulsor impele o tarugo por trás de acordo com a descrição a seguir. Em resumo, de acordo com estes documentos, o impulsor é usado de maneira a aperfeiçoar a entrada deficiente do tarugo que poderia ser causada devido à redução de laminação reduzida.

[006] Mais especificamente, como mostrado na figura 7 (que corresponde à figura 4 no Documento de Patente 1 e figura 4(c) no Documento de Patente 2, quando o tarugo contata os rolos inclinados e um plugue no tempo t1, a carga de rolo representada pela linha cheia na figura (a carga dos rolos inclinados atuando na direção de rolamento) e a carga do plugue representada pela linha pontilhada na figura (a carga de empuxo do plugue) aumentam. Todavia, uma vez que a entrada do tarugo é instável, a carga de rolo e a carga de plugue são diminuídas no tempo t1 a t3. Mais especificamente, a entrada deficiente é causada no período o tarugo está em um estado deslizante. Uma vez que a entrada de tarugo é instável, o tarugo é impelido por trás pelo impulsor no tempo t3. Desta maneira, o tarugo é engatado entre os rolos inclinados, e a carga de rolo e a carga de plugue aumentam. No tempo t6, quando a entrada é estabilizada, o impulsor pára de im-

pelir o tarugo. O tarugo já foi engatado entre os rolos inclinados de uma maneira estável, de forma que a carga do rolo e a carga de plugue gradualmente aumentam depois disso, e no tempo t_7 , t_8 e depois, a carga de rolo e a carga do plugue se tornam substancialmente constantes, em outras palavras, a perfuração e a laminação alcançam um estado estável. De acordo com estes documentos, a velocidade de avanço do impulsor é menor que a velocidade do tarugo na direção de rolamento quando a perfuração e laminação estão no estado estável. O impulsor é usado para aperfeiçoar a entrada deficiente, e é somente necessário para impelir o tarugo com o impulsor quando a eficiência de avanço do tarugo é baixa devido à entrada deficiente, em outras palavras, quando a velocidade de avanço do tarugo é reduzida ou mantida baixa devido à entrada deficiente.

[007] De acordo com o processo de perfuração e laminação, como mostrado na figura 8 (que corresponde à figura 5 no Documento de Patente 1), praticamente inexistente qualquer aumento na velocidade do tarugo na direção de laminação durante o período de início de entrada para o tempo t_3 quando o impulsor inicia a impulsão, e a velocidade gradualmente aumenta depois que o impulsor começa a impelir o tarugo no tempo t_3 . Quando o tarugo é empurrado pelo impulsor e estávelmente engatado, o tarugo se afasta do impulsor e sua velocidade na direção de laminação aumenta. Após a perfuração e laminação atingir um estado estável, a velocidade na direção de laminação torna-se constante.

[008] Todavia, se um tarugo é formado em um casco oco pela perfuração e laminação pelos processos desentos, um maior número de defeitos de superfície interna é gerado na parte extrema da ponta do casco oco do que na parte central do casco oco. A parte extrema da ponta com os defeitos de superfície interna pode ser seccionada usando um cortador, e um número reduzido de defeitos de superfície

interna permaneceria no tubo sem costura, enquanto o rendimento é baixado para a parte removida. Por conseguinte, é preferível reduzir a geração de defeitos de superfície interna na parte extrema da ponta propriamente dita do que simplesmente cortar a parte extrema da ponta com os defeitos de superfície interna.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[009] Constitui um dos objetivos da invenção apresentar um processo de fabricar um tubo de conduto sem costura que permite reduzir o número de defeitos na superfície interna na extremidade da ponta de um casco oco perfurado e laminado.

[0010] Os inventores mediram a velocidade de avanço do tarugo (a velocidade na direção de laminação) durante a perfuração e laminação e a velocidade de rotação do tarugo na direção circunferencial durante a perfuração e laminação de maneira a examinar a causa de um maior número de defeitos de superfícies internas gerados na parte extrema da ponta, do que na parte central.

[0011] Um tarugo circular maciço S45C tendo um diâmetro externo de 70 mm foi preparado como um material de teste. O tarugo preparado foi aquecido a 1200°C e a seguir o tarugo aquecido foi perfurado e laminado por uma lâmina perfuradora. Mais especificamente, o tarugo foi perfurado e laminado sob as condições em que o ângulo de inclinação dos rolos inclinados foi de 10°, o intervalo de rolos entre as partes estranguladas dos rolos inclinados foi de 61 mm, e a extensão de plugue avançada representando a distância axial das partes estranguladas dos rolos inclinados para extremidade da ponta do plugue foi de 38 mm. Desta maneira, o tarugo foi formado em um casco oco tendo um diâmetro externo de 75 mm e uma espessura de 6 mm. Neste caso, o tarugo não foi empurrado usando o impulsor.

[0012] A velocidade de avanço do tarugo durante a perfuração e a laminação foi medida pelo seguinte processo. Uma placa de escala foi

prevista ao longo da linha de passe no lado de entrada da lâmina perfuradora. Durante a perfuração e a laminação, a extremidade traseira do tarugo e a placa de escala foram tomadas usando uma câmera de vídeo para que a distância de deslocamento da extremidade traseira do tarugo por tempo unitário fosse obtida de acordo com a placa de escala. A velocidade de avanço do tarugo foi calculada baseada nos dados de imagem obtidos.

[0013] A velocidade de rotação do tarugo durante a perfuração e laminação foi medida pelo seguinte processo. Um pino para servir como uma marca foi fixado próximo à circunferência externa da superfície da extremidade traseira do tarugo e o deslocamento do pino na superfície de extremidade traseira do tarugo no processo de perfuração e laminação foi tomado usando uma câmara de vídeo. A extensão de deslocamento do pino na direção circunferencial por tempo unitário foi obtida baseada nos dados de imagem obtidos e a velocidade de rotação do tarugo foi calculada.

[0014] O resultado da medição da velocidade de avanço do tarugo é dado na figura 1. A abscissa representa a distância de deslocamento (mm) do tarugo a partir da posição onde o tarugo contata os rolos inclinados (posição de entrada). A ordenada representa a relação de velocidade de avanço do tarugo. A relação de velocidade de avanço é a relação de velocidade de avanço do tarugo em cada uma das distâncias de deslocamento para a velocidade média de avanço do tarugo quando a perfuração e a laminação estão no estado estável. Como mostrado na figura 1, a velocidade de avanço do tarugo decai bruscamente quando o tarugo entra em contato com os rolos inclinados (LE0) e foi entre eles engatado. A velocidade de avanço do tarugo foi minimizada à distância LE1 onde a extremidade da ponta do tarugo contactou a extremidade da ponta do plugue e começou a ser perfurada. Subseqüentemente, quando o tarugo foi engatado estavelmente (ou o

tarugo avançou sem deslizar) e gradualmente perfurado, a velocidade de avanço gradualmente aumentou. Então, a velocidade de avanço se torna substancialmente constante à distância LE2 onde a perfuração e a laminação atingiram um estado estável. Mais especificamente, de maneira similar à figura 8, a velocidade de avanço do tarugo após o tarugo ser contatado com os rolos inclinados e começar a ser perfurado pelo plugue até o estado estável atingido ser mais baixo do que a velocidade de avanço no estado estável.

[0015] A velocidade de rotação do tarugo foi substancialmente a mesma após o tarugo contatar os rolos inclinados, até a perfuração e laminação atingirem um estado estável e então terminar.

[0016] Pelos resultados do exame precedente, os inventores realizaram as seguintes descobertas. Durante o período após o tarugo ser recolhido entre os rolos inclinados e começar a ser perfurado pelo plugue até a perfuração e laminação atingirem um estado estável, em outras palavras, entre a distância LE1 e a distância LE2 na figura 1, a velocidade de avanço do tarugo é mais baixa que a velocidade de avanço no estado estável (após a distância LE2 na figura 1). Entrementes, a velocidade de rotação do tarugo é substancialmente constante durante a perfuração e laminação. Por conseguinte, o número de forjamento rotativo do tarugo por extensão de deslocamento unitário na direção de avanço é maior na região LE1-LE2 do que na região após LE2 (no estado estável). A extremidade da ponta do tarugo é perfurada na região LE1-LE2, de forma que a parte de extremidade da ponta do tarugo é mais fortemente afetada pelo efeito de forjamento rotativo do que as partes de extremidade central e traseira do tarugo que são perfuradas no estado estável. Conseqüentemente, um número maior de defeitos da superfície interna é gerado na parte extremidade da ponta do casco oco que corresponde à extremidade da ponta do tarugo perfurado.

[0017] Baseado nas descobertas acima descritas, os inventores consideram que a velocidade de avanço do tarugo até um estado estável ser obtido deve ser maior do que no caso convencional. Se a velocidade de avanço é aumentada, a extensão de deslocamento do tarugo por rotação aumenta, o que reduz o número de forjamentos rotativos. Conseqüentemente, o efeito de forjamento rotativo é limitado, de forma que os defeitos da superfície interna possam ser reduzidos. Outrossim, também considera-se que, se a velocidade de tarugo antes da perfuração e laminação atingir um estado estável, não será menor que a velocidade de avanço no estado estável, a quantidade de defeitos de superfícies internas na extremidade da ponta do casco oco pode ser reduzida a um nível igual ou menor que o nível nas partes centrais e traseiras do casco oco.

[0018] Baseado nas idéias acima descritas, os inventores completaram a seguinte invenção.

[0019] Um processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura de acordo com a presente invenção perfura e lamina um tarugo maciço usando uma laminadora perfuradora incluindo um impulsor previsto no lado de entrada ao longo de uma linha de passe um plugue previsto no lado de saída ao longo de uma linha de passe, e uma pluralidade de rolos inclinados previstos em relação oposta entre si com o plugue interposto. O processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura, de acordo com a invenção, inclui as etapas de assentar o tarugo sobre a linha de passe entre o impulsor e o plugue, avançar o tarugo para ser recolhido entre a pluralidade de rolos inclinados, e impelir o tarugo para frente pelo impulsor para que pelo menos entre quando o tarugo recolhido contata o plugue e quando perfuração e a laminação atinjam um estado estável, a velocidade de avanço do tarugo é pelo menos igual à velocidade de avanço do tarugo quando a perfuração e laminação são realizadas sem impelir o tarugo para frente pelo impulsor no

estado estável.

[0020] Aqui, o estado estável refere-se ao estado no período após a extremidade da ponta de um tarugo perfurado e laminado egressar dentre os rolos inclinados até a extremidade posterior do tarugo contactar os rolos inclinados.

[0021] No processo de fabricar um tubo sem costura de acordo com a invenção, o tarugo é impelido para frente, pelo menos durante o período entre quando o tarugo é recolhido entre os rolos inclinados e contata o plugue e quando a perfuração e a laminação atingem um estado estável (doravante designado de um estado não-estável). Mais especificamente, o impulsor é impelido para frente, pelo menos até a perfuração e a laminação atingirem um estado estável após o tarugo ser estavelmente recolhido entre os rolos inclinados. Na ocasião, a velocidade de avanço do tarugo no estado não-estável não é inferior à velocidade de avanço do tarugo no estado estável quando a perfuração e a laminação são realizadas sem impelir o tarugo para frente pelo impulsor (doravante como perfuração sem utilizar o impulsor). Por conseguinte, o efeito de forjamento rotativo sobre as extremidades da ponta do casco oco é igual a ou mais baixo que o efeito de forjamento rotativo sobre o centro e extremidade traseira do casco oco. Por conseguinte, defeitos de superfícies internas na extremidade da ponta do casco oco podem ser limitados.

[0022] Aqui, a velocidade de avanço do tarugo no estado não-estável é, por exemplo, a velocidade média de avanço do tarugo no estado não-estável. A velocidade média de avanço da tarugo no estado estável é, por exemplo, a velocidade de avanço no estado estável na perfuração sem usar o impulsor.

[0023] De preferência, na etapa de impulso para frente, o tarugo é impelido para frente pelo impulsor de forma que a carga de empuxo para frente atuando sobre o plugue pelo menos entre quando o tarugo

recolhido contata o plugue e quando a perfuração e a laminação alcançam um estado estável seja pelo menos igual à carga de empuxo atuante sobre o plugue quando a perfuração e a laminação é realizada sem impelir o tarugo para frente pelo impulsor no estado estável.

[0024] Aqui a carga de empuxo do plugue refere-se à carga atuante sobre o plugue na direção axial (designada de carga do plugue).

[0025] Desta maneira, a velocidade de avanço do tarugo no estado não-estável não é menor que a velocidade de avanço do tarugo no estado estável na perfuração sem utilizar o impulsor. Por conseguinte, o número de forjamentos rotativos no estado não-estável pode ser menor que aquele do caso convencional. Consequentemente, defeitos de superfícies internas na extremidade da ponta do casco oco podem ser reduzidos.

[0026] De preferência, o processo de fabricar um tubo sem costura inclui adicionalmente a etapa de determinar a posição dos rolos inclinados antes da perfuração e da laminação de forma que as Expressões (1) e (2) sejam satisfeitas.

$$Dg/d \geq 4.5 \quad \dots (1)$$

$$-0,01053EL + 0,8768 \leq DFT \leq -0,01765EL + 0,9717 \quad \dots (2)$$

[0027] em que Dg é o diâmetro do rolo (mm) da parte estrangulada do rolo inclinado, d é o diâmetro externo (mm) do tarugo, DFT é a relação de tiragem de estrangulamento, EL é a relação de perfuração e de laminação na Expressão (2), e as relações são definidas pelas Expressões (3) e (4):

$$DFT = Rg/d \quad \dots (3)$$

$$EL = L1/L0 \quad \dots (4)$$

[0028] em que Rg é o intervalo de rolos (mm) que é minimizado na parte estrangulada, L0 é o comprimento (mm) do tarugo, e L1 é comprimento (mm) do casco oco produzido pela perfuração e laminação.

[0029] Desta maneira, a Expressão (2) é satisfeita, de forma que a

eficiência de avanço do tartugo no estado estável possa ser impedida de ser baixada. Por conseguinte, o tarugo pode ser impedido de deslizar e deter-se durante a perfuração e a laminação, e a extremidade traseira do tarugo pode ser impedida de ser obstruída entre os rolos inclinados, ou uma denominada falha de terminação abrupta pode ser impedida. Outrossim, uma vez que o deslizamento no estado estável pode ser impedido, o efeito de forjamento rotativo causado pelo deslizamento pode ser reduzido, de forma que os defeitos de superfícies internas no estado estável podem ser restritos.

[0030] De preferência, o processo de fabricar um tubo sem costura, de acordo com a invenção, inclui a etapa de descontinuar o empuxo do tarugo para frente pelo impulsor quando a perfuração e a laminação atingem um estado estável.

[0031] Desta maneira, uma vez que a realização de um estado estável seja determinada, a operação do impulsor é descontinuada, de forma que o plugue e o tarugo no processo de perfuração e laminação possam ser impedidos de ser continuamente assegurados com carga excessiva pelo impulsor.

[0032] De preferência, a laminadora perfuradora adicionalmente inclui um detector previsto no lado de saída para detectar se a extremidade da ponta do casco oco passa entre as extremidades traseiras dos rolos inclinados. Na etapa de descontinuação, o empuxo para frente do tarugo pelo impulsor é descontinuado quando o detector detecta a extremidade da ponta do casco oco passando entre as extremidades traseiras dos rolos inclinados.

[0033] Conforme descrito em conjunção com a figura 7, na perfuração e laminação convencional, o caso da perfuração e da laminação atingir ou não um estado estável pode ser determinado por monitoramento da carga de empuxo do plugue no processo de perfurar e laminar. Isto porque a carga de empuxo do plugue gradualmente aumenta

no estado não-estável e torna-se substancialmente constante no estado estável. Por conseguinte, se a carga de empuxo do plugue no estado estável é medida em avanço, pode ser determinado se um estado estável é atingido baseado no valor da medição.

[0034] Todavia, de acordo com a invenção, o estado estável não pode ser determinado de acordo com o processo acima descrito. Isto porque a carga de empuxo do plugue no estado não-estável não é menor que a carga de empuxo no estado estável durante a perfuração sem a utilização do impulsor.

[0035] Por conseguinte, de acordo com a invenção, é determinado, com base se a extremidade da ponta do material no processo de perfurar e laminar passou pelas extremidades traseiras dos rolos inclinados. Se a extremidade da ponta de um material tiver passado pelas extremidades traseiras dos rolos inclinados, a perfuração e a laminação já atingiram um estado estável. Após a realização do estado estável ser determinado, a operação do impulsor é descontinuada, de forma que o plugue e o tarugo no processo de perfurar e laminar possam ser impedidos de ser continuamente assegurados com carga excessiva pelo impulsor.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[0036] A figura 1 é um gráfico mostrando os resultados da medição da velocidade de avanço do tarugo na perfuração e na laminação sem impelir o tarugo com o impulsor;

[0037] A figura 2 é uma vista superior da estrutura de um laminadora perfuradora de acordo com uma modalidade da invenção;

[0038] A figura 3 é uma vista lateral da estrutura da laminadora perfuradora na figura 2;

[0039] A figura 4 é uma vista da estrutura da laminadora perfuradora na figura 2;

[0040] A figura 5 é um gráfico mostrando a velocidade de avanço

do tarugo na perfuração e na laminação em um processo de fabricar um tubo sem costura de acordo com a invenção;

[0041] A figura 6 é um gráfico mostrando a relação entre a relação de tiragem de estrangulamento e a relação de perfuração e laminação medida no exemplo 2;

[0042] A figura 7 é um gráfico mostrando a transição da carga de um plugue na perfuração e na laminação convencionais; e

[0043] A figura 8 é um gráfico mostrando a transição da velocidade de avanço de um tarugo na perfuração e na laminação convencionais.

MELHOR MODO PARA REALIZAÇÃO DA INVENÇÃO

[0044] A seguir, modalidades da invenção passam a ser descritas em conjunção com os desenhos apensos, nos quais partes idênticas ou correspondentes são designadas pelos mesmos caracteres de referência e sua descrição deixa de ser repetida.

LAMINADORA PERFURADORA

[0045] Com referência às figura s 2 e 3, uma laminadora perfuradora 10 inclui dois rolos inclinados tipo cônico (doravante simplesmente como "rolos inclinados") 1, um plugue 2, um mandril 3, um impulsor 4 e um HMD (Detector de Metal Quente) 51 previstos no lado de saída da laminadora perfuradora 10.

[0046] Os dois rolos inclinados 1 são previstos em relação oposta entre si com a linha de passe X-X intermediária. Cada um dos rolos inclinados 1 tem um ângulo de inclinação θ e ângulo de eixos cruzado γ com respeito à linha de passe X-X. O plugue 2 situa-se entre os dois rolos inclinados 1 e é previsto sobre a linha de passe X-X. O mandril 3 é previsto ao longo da linha de passe X-X no lado de saída da laminadora perfuradora 10 e sua extremidade da ponta é conectada à extremidade traseira do plugue 2.

[0047] O impulsor 4 é previsto na frente do lado de entrada do laminadora perfuradora 10 e ao longo da linha de passe X-X. O impulsor

4 inclui um corpo cilíndrico principal 41, um eixo cilíndrico 42, um membro de conexão 43, e uma haste impulsora de tarugo 44. A haste impulsora de tarugo 44 é acoplada à haste de cilindro 42 pelo membro de conexão 43 para que possa girar na direção circunferencial. O corpo cilíndrico principal 41 é um dispositivo tipo hidráulico ou eletromotriz e avança/retrai o eixo de cilindro 42. O impulsor 4 empurra um tarugo 20 por trás quando o impulsor tem a superfície de extremidade da ponta da haste impulsora de tarugo 44 topejada contra a superfície de extremidade traseira do tarugo 20 e avança a haste do cilindro 42 e a haste impulsora do tarugo 44 pelo corpo cilíndrico principal 41.

[0048] O impulsor 4 empurra o tarugo 20 para frente na direção de rolamento e tem o tarugo recolhido entre os cilindros inclinados 1. O impulsor 4 continua a impelir o tarugo 20 pelo menos após o tarugo recolhido 20 contatar a extremidade da ponta do plugue 2 até a perfuração e a laminação alcançarem um estado estável, em outras palavras, durante o período em um estado não-estável.

[0049] O HMD 51, como um detector, é previsto na proximidade das extremidades traseiras dos rolos inclinados 1 no lado de saída da laminadora perfuradora 10. O HMD 51 detecta se a extremidade da ponta de um casco oco após a perfuração e a laminação passou entre os rolos inclinados 1. Se for determinado com base no resultado de detecção por HMD51 que a extremidade da ponta do casco oco passou entre os rolos inclinados 1, o impulsor 4 deixa de empurrar o tarugo 20.

PROCESSO DE FABRICAR TUBOS OU CONDUTOS SEM COSTURA

[0050] A seguir passa a ser descrito um processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura usando a laminadora perfuradora 10 acima.

PRIMEIRO PROCESSO

[0051] Inicialmente, rolos inclinados 1 dotados de uma parte estrangulada com um diâmetro de rolo que satisfaz a seguinte Expressão (1) são preparados.

$$Dg/d \geq 4,5 \quad \dots (1)$$

[0052] em que Dg é o diâmetro de rolo (mm) da parte estrangulada e d é o diâmetro externo (mm) de um tarugo 20 a ser perfurado e laminado.

[0053] Se Dg/d é inferior a 4,5, o ângulo de entrada na direção de rotação (direção circunferencial do tarugo) quando o tarugo 20 é engatado entre os rolos inclinados 1 é grande, e por conseguinte o deslizamento é de causa mais provável. Aqui, o ângulo de entrada refere-se ao ângulo formado por um segmento conectando o ponto sobre a superfície de rolo inclinada que passa a contatar o tarugo 20 e um ponto no eixo central do rolo inclinado e um segmento conectando o ponto sobre a linha de passe X-X e um ponto no eixo central do rolo inclinado em uma seção transversal normal à linha de passe X-X, incluindo o ponto sobre o rolo inclinado 1 que contata o tarugo inicialmente. De maneira a reduzir o deslizamento causado pelo aumento no ângulo de admissão, os rolos inclinados 1 que satisfazem a Expressão (1) são preparados e os rolos inclinados preparados 1 são previstos na laminadora perfuradora 10.

SEGUNDO PROCESSO

[0054] A seguir, a posição dos dois rolos inclinados 1 é determinada. Com referência à figura 4, quando o intervalo de rolos que é minimizado nas partes estranguladas dos rolos inclinados 1 é Rg, os rolos inclinados 1 são posicionados de forma que a seguinte expressão (2) seja satisfeita.

$$-0,01053EL + 0,8768 \leq DFT \leq -0,01765EL + 0,9717 \quad (2)$$

[0055] Na Expressão (2), DFT representa a relação de tiragem de estrangulamento, EL representa a relação de perfuração e laminação

e elas são definidas pelas seguintes Expressões (3) e (4), respectivamente.

$$DFT = Rg/d \quad \dots (3)$$

$$EL = L1/L0 \quad (4)$$

[0056] em que L0 é o comprimento (mm) do tarugo 20 ainda a ser perfurado e L1 é o comprimento (mm) de um casco oco produzido pela perfuração e laminação do tarugo 20. Se o diâmetro externo d (mm) e o comprimento L0 (mm) do tarugo e o diâmetro externo e a espessura do casco oco são determinados após a perfuração, o comprimento L1 (mm) do casco oco pode ser produzido por cálculo.

[0057] Quando a Expressão (2) é satisfeita, a eficiência de avanço do tarugo 20 pode ser impedida de ser abaixada entre a realização de um estado estável e o estado da perfuração e da laminação e o término da perfuração e da laminação. Por conseguinte, o efeito de forjamento rotativo pode ser impedido no estado estável, e os defeitos de superfícies internas podem limitados no estado estável. Em resumo, defeitos de superfície interna no centro e extremidade traseira do tarugo 20 podem ser reduzidos. Isto passa a ser descrito a seguir em detalhe.

[0058] Quando a relação de tiragem de estrangulamento DFT diminui, o intervalo entre rolos Rg diminui. Por conseguinte, o tarugo 20 no processo de perfuração tem um perfil de seção transversal com maior elipticidade, e o ângulo de ingresso na direção de rotação dos rolos inclinados 1 aumenta. O aumento no ângulo de entrada faz com que o tarugo deslize.

[0059] Por outro lado, quando a relação de tiragem de estrangulamento DFT aumenta, o intervalo entre rolos Rg aumenta, e a área de contato entre os rolos inclinados 1 e o tarugo 20 diminui, o que dá origem ao deslizamento. Por conseguinte, a relação de tiragem de estrangulamento tem de ser estabelecida a um valor apropriado em con-

sideração ao ângulo de entrada e à área de contato.

[0060] À medida que a relação de perfuração e de laminação EL aumenta, a área de contato entre o tarugo sendo perfurado e laminado e o plugue 2 aumenta. O aumento na área de contato aumenta a reação recebida do plugue 2 e o deslizamento é de ocorrência mais provável. Isto porque para aumentar a relação de perfuração e laminação EL, o diâmetro externo do plugue 2 tem de ser aumentado e a espessura do casco oco tem de ser reduzida.

[0061] Como precedentemente exposto, durante o período entre o estado estável e o término da perfuração e da laminação, a relação de tiragem de estrangulamento DFT e a relação de perfuração e de laminação EL estão relacionadas com o deslizamento do tarugo 20. Por conseguinte, durante o período entre a realização do estado estável e o término da perfuração e da laminação, a relação de tiragem de estrangulamento DFT tem de ser estabelecida em consideração à relação de perfuração e de laminação EL de maneira a prevenir que a eficiência de avanço do tarugo 20 venha a ser abaixada.

[0062] Se o DFT satisfaz a Expressão (2), a eficiência de avanço do tarugo 20 pode ser impedida de ser reduzida, e defeitos da superfície interna podem ser reduzidos durante o período entre o início do estado estável e o término da perfuração e da laminação. Se DFT está fora da faixa definida pela Expressão (2), o tarugo 20 está mais sujeito a deslizar, o que reduz a eficiência do avanço. Por conseguinte, o tarugo 20 no processo de perfuração e de laminação poderia deslizar ou ressentir-se de uma falha na saída. O deslizamento poderia causar defeitos da superfície interna mais facilmente gerados.

TERCEIRO PROCESSO

[0063] Após o posicionamento dos rolos inclinados 1 ser ajustado, o tarugo 20 é transportado e previsto entre o impulsor 4 e o plugue 2.

[0064] A seguir, o tarugo previsto 20 é perfurado e laminado. O

impulsor 4 compele para frente o tarugo 20 entre os rolos inclinados 1 e tem o tarugo 20 recolhido entre os dois rolos inclinados 1. Mais especificamente, o impulsor 4 tem a superfície de extremidade da ponta da haste impulsora de tarugo 44 topejada contra a superfície de extremidade traseira posterior do tarugo 20, de forma que a força propulsora do corpo cilíndrico principal 41 avança a haste impulsora do tarugo 44 no sentido do lado de entrada da laminadora perfuradora 10.

QUARTO PROCESSO

[0065] O tarugo 20 é recolhido entre os rolos inclinados 1 e a perfuração e alaminação são iniciadas. Aqui, entre o contato da extremidade da ponta do tarugo engatado 20 com a extremidade da ponta do plugue 2 e a realização de um estado estável, em outras palavras, em um estado não-estável, o impulsor 4 compele o tarugo 20 para frente de forma que a velocidade de avanço do tarugo 20 no estado não-estável não seja menor que a velocidade de avanço do tarugo no estado estável durante a perfuração sem utilizar o impulsor. Aqui, a velocidade de avanço no estado não-estável é a velocidade média de avanço do tarugo 20 no estado não-estável, e a velocidade de avanço do tarugo durante a perfuração sem utilizar o impulsor é a velocidade média de avanço do tarugo do mesmo tipo de aço, dotado substancialmente do mesmo diâmetro externo do tarugo 20 no estado estável.

[0066] De preferência, o impulsor 4 impele o tarugo 20 para frente com tal força impulsora que a carga de empuxo atuando sobre o plugue 2 no estado não-estável não é menor que a carga de empuxo atuante sobre o plugue 2 no estado estável sem utilizar o impulsor.

[0067] Desta maneira, o tarugo 20 pode ter o seu deslizamento impedido. A velocidade de avanço do tarugo 20 no estado não-estável é mais alta que a velocidade de avanço em um estado não-estável convencional, e por conseguinte, o efeito de forjamento rotativo no estado não-estável é reduzido em relação ao convencional. Por conse-

guinte, defeitos de superfície interna na parte de extremidade da ponta do casco oco podem ser reduzidos.

[0068] A velocidade de avanço do tarugo 20 no estado não-estável não é inferior à sua velocidade de avanço no estado estável, e por conseguinte, o efeito de forjamento rotativo no estado não-estável pode ser reduzido para aproximadamente o nível do efeito de forjamento rotativo no estado estável ou menor. Conseqüentemente, defeitos de superfície interna na extremidade da ponta do casco oco podem ser reduzidos.

[0069] A carga de empuxo do plugue no estado estável pode ser medida em avanço ou pode ser obtida por cálculo baseado em várias condições, tais como a velocidade de rotação dos rolos inclinados e a forma do tarugo. A força impulsora (pressão impulsora) atuando sobre o tarugo pelo impulsor 4 e a velocidade de avanço da haste impulsora do tarugo 44 são definidas baseadas na carga de empuxo no estado estável medida ou obtida por cálculo.

[0070] A velocidade de avanço do tarugo no estado estável durante a perfuração sem utilizar o plugue pode ser medida em avanço ou obtida por cálculo baseada em várias condições tal como a velocidade de rotação dos rolos inclinados e o perfil do tarugo. Quando o tarugo 20 é empurrado para frente pelo impulsor 4 de forma que a velocidade de avanço do tarugo 20 no estado não-estável não é menor que a velocidade de avanço no estado estável, a pressão do impulsor e a velocidade de avanço da haste impulsora do tarugo 44 são definidas baseadas na velocidade de avanço do tarugo 20 no estado estável que foi medida em avanço ou calculada.

QUINTO PROCESSO

[0071] Quando o HMD 51 previsto por trás dos rolos inclinados 1 detecta a extremidade da ponta do casco oco passando pelas extremidades traseiras dos rolos inclinados 1 após os trânsitos de perfura-

ção e de laminação para o estado estável, o impulsor 4 completa a impulsão do tarugo 20 para frente. Quando a extremidade da ponta do casco oco passa pelas extremidades traseiras dos rolos inclinados, a perfuração e a laminação passaram para o estado estável, e por conseguinte o tarugo é perfurado e laminado a uma velocidade constante se a operação do impulsor 4 parar.

[0072] Desta maneira, pelo processo de produzir um tubo sem costura de acordo com a invenção, durante o período entre o contato do tarugo recolhido 20 com a extremidade da ponta do plugue 2 e a obtenção do estado estável da perfuração e da laminação (o período de estado não-estável), o impulsor 4 impele o tarugo 20 para frente. Por conseguinte, o deslizamento do tarugo 20 no estado não-estável pode ser reprimido, para que o efeito de forjamento rotativo possa ser limitado. Conseqüentemente, defeitos de superfícies internas na extremidade da ponta do casco oco podem ser reduzidos.

[0073] A figura 5 mostra a transição da velocidade de avanço do tarugo 20 empurrado para frente pelo impulsor 4, para que dessa maneira a carga de empuxo atuando sobre o plugue 2 no estado não-estável não seja menor que a carga de empuxo atuante sobre o plugue 2 no estado estável durante a perfuração sem usar o impulsor a título de exemplo da invenção. No exame para obter o resultado na figura 5, o impulsor continuou a empurrar por uma distância LE2 e após. As outras condições foram idênticas àquelas na figura 1.

[0074] A relação de velocidade de avanço do tarugo nas ordenadas na figura 5 é a relação da velocidade média de avanço no estado estável durante a perfuração sem utilizar o impulsor em relação à velocidade de avanço do tarugo a cada uma das distâncias de movimento. Em quase a inteira seção, entre a distância LE1 e a distância LE2 na figura 5, a velocidade de avanço do tarugo não é inferior à velocidade de avanço à distância LE2 ou após a figura 1, em outras pala-

vas, não é inferior à velocidade de avanço no estado estável durante a perfuração sem usar o impulsor, ao passo que a velocidade média de avanço do tarugo no estado não-estável na figura 5 não é menor do que a velocidade média de avanço do tarugo no estado estável durante a perfuração sem usar o impulsor na figura 1. Mais especificamente, a velocidade de avanço do tarugo no estado não-estável na figura 5 é mais alta do que aquela na figura 1. Desta maneira, de acordo com a invenção, a velocidade de avanço no estado não-estável pode ser mais alta do que no caso convencional e, por conseguinte, o efeito de forjamento rotativo no estado não-estável pode ser reduzido, para que os defeitos de superfície interna na extremidade da ponta do casco oco possam ser reduzidos.

[0075] Outrossim, quando as Expressões (1) e (2) são satisfeitas, a eficiência do avanço do tarugo 20 no estado estável pode ser impedido de ser abaixada, de forma que o deslizamento no estado estável possa ser impedido. Uma vez que o deslizamento pode ser impedido, defeitos de superfície interna podem ser reduzidos no centro e na parte de extremidade traseira do casco oco sendo perfurado e laminado durante o período após a perfuração e a laminação atingirem uma região de estado estável até a perfuração e a laminação terminarem.

[0076] Além disso, se o impulsor 4 deixar de impelir o tarugo 20 após o processo prosseguir para o estado estável, o plugue 2 ou os rolos inclinados 1 podem ser impedidos de ser continuamente munidos de carga excessiva. Em geral, se a carga de empuxo atuante sobre o plugue 2 durante a perfuração e a laminação for monitorada, poderá ser determinado se a perfuração e a laminação atingiram um estado estável. Isto porque a carga de empuxo do plugue 2 gradualmente aumenta no estado não-estável e torna-se substancialmente constante no estado estável como mostrado na figura 7. Por conseguinte, na perfuração e a laminação convencionais, se a carga de empuxo do plugue

2 no estado estável é medida em avanço, pode ser determinado se um estado estável foi atingido baseado no valor de medição. No entanto, de acordo com a invenção, o estado estável não pode ser determinado de acordo com o processo. Isto porque a carga de empuxo do plugue 2, no estado não-estável não é menor do que a carga e empuxo do estado estável. Todavia, de acordo com a invenção, o HMD 51 como um detector é assegurado na proximidade das extremidades traseiras dos rolos inclinados 1 no lado de saída da laminadora perfuradora 10. O HMD 51 determina se a extremidade da ponta do casco perfurado e laminado passou pelas extremidades traseiras dos rolos inclinados 1. Isto porque se a extremidade da ponta do casco oco passar pelos rolos inclinados 1, a perfuração e a laminação já se apresentam em um estado estável.

[0077] Observe-se que, de acordo com a modalidade, o detector é um HMD, porém o detector pode ser qualquer um de outro dispositivo tal como um fotossensor e um sensor a laser. Somente é necessário que o detector seja capaz de detectar a extremidade da ponta de um casco oco passando pela extremidade traseira dos rolos inclinados 1.

[0078] A modalidade inclui o primeiro a quinto processos, ao passo que é somente necessário realizar o terceiro e o quarto processos de maneira a reduzir defeitos de superfície interna na extremidade da ponta do casco oco. No quinto processo, a operação do impulsor 4 é interrompida no estado estável, enquanto como mostrado na figura 5, o tarugo 20 pode continuar a ser empurrado pelo impulsor no estado estável. Desta maneira, o efeito do forjamento rotativo no estado não-estável e no estado estável pode ser restrito.

[0079] O tarugo 20 pode ser impelido para frente pelo impulsor 4 antes do tarugo 20 ser recolhido entre os rolos inclinados 1, ou o tarugo 20 pode ser impelido pelo impulsor 4 após o tarugo 20 ser recolhido entre os rolos inclinados. Em suma, se o tarugo 20 for impelido para

frente pelo impulsor 4 pelo menos durante um período que inclui o estado não-estável, os defeitos de superfície interna na extremidade da ponta do casco oco podem ser reduzidos.

[0080] O impulsor 4 é previsto sobre uma plataforma (não mostrada), cuja altura é ajustável e a posição do impulsor 4 (nas direções vertical e horizontal) pode ser ajustada para que o eixo central da haste impulsora do tarugo 44 coincida aproximadamente com o eixo central do tarugo. Desta maneira, grande pressão impulsora pode ser estabelecida, para que o tarugo possa ser impedido de curvar-se se a força impulsora sobre o tarugo aumentar.

[0081] A laminadora perfuradora 10 pode, além disso, incluir um rolo prensado no lado da entrada que liga o tarugo para que o eixo central do tarugo não seja deslocado da linha de passe X-X.

[0082] De acordo com a modalidade da invenção, os rolos inclinados 1 são rolos do tipo cônico ao passo que podem ser do tipo cilíndrico.

[0083] Observe-se que quando um tarugo com porosidade permanecendo ao longo do eixo central, tal como um tarugo de aço com baixa deformabilidade ou um tarugo produzido por fundição contínua (isto é, o tarugo denominado tarugo CC circular) é perfurado e laminado, a velocidade de avanço e o desempenho de entrada no estado não-estável são aperfeiçoados pelo processo de fabricar um tubo sem costura de acordo a modalidade da invenção.

[0084] A perfuração e a laminação são de preferência realizadas quando o intervalo de rolos inclinados na laminadora perfuradora é estabelecido para que o número estabelecido de forjamentos rotativos representado pela seguinte Expressão (5) não seja maior que 1,5. Desta maneira, o número de forjamentos rotativos após o tarugo 20 ser recolhido entre os rolos inclinados 1 até o tarugo contatar o plugue 2 pode ser reduzido, para que defeitos de superfícies internas na ex-

tremidade da ponta do casco oco possam ser reduzidos. Observe-se que mesmo se a Expressão (5) não seja satisfeita, a vantagem da invenção pode ser obtida a algum grau.

$$N = Ld / (0,5 \times V_f \times \pi \times d / V_r) \quad \dots(5)$$

[0085] em que Ld é a distância (mm) da posição onde a extremidade da ponta do tarugo 20 contata a superfície dos rolos inclinados para a posição onde a extremidade da ponta do tarugo 20 alcança a extremidade da ponta do plugue 2 na direção da linha de passe X-X, V_f é a velocidade (mm/s) do tarugo 20 na direção de rotação e V_r é a velocidade do tarugo 20 na direção de avanço (mm/s).

PRIMEIRO EXEMPLO

[0086] A perfuração e a laminação foi executada em várias condições onde a carga de empuxo atuante sobre o plugue foi variada, e a incidência de defeitos da superfície interna na extremidade de ponta de um casco oco foi examinada.

[0087] Um tarugo circular maciço tendo um diâmetro externo de 70 mm foi usinado a partir de um tarugo circular maciço produzido por fundição contínua, contendo 0,2% de massa C (carbono) e tendo um diâmetro externo de 225 mm ao longo de seu eixo central. O tarugo obtido foi aquecido a 1200°C em um forno calefator.

[0088] O tarugo aquecido foi formado em um casco oco por perfuração e laminação utilizando a laminadora perfuradora mostrada na figura 2. Mais especificamente, sob condições representadas pelos números de teste na Tabela 1, 100 tarugos foram perfurados e laminados usando o impulsor para cada um dos números de teste. A relação de carga do plugue na Tabela 1 foi obtida pela seguinte Expressão (A).

[0089] A relação de carga do plugue = carga de empuxo $PA(t)$ atuante sobre o plugue em um estado não-estável / carga de empuxo $PB(t)$, atuante sobre o plugue em um estado estável durante a perfuração

sem utilizar o plugue ...(A)

[0090] Neste exemplo, a carga de média empuxo atuando sobre o plugue no estado não-estável é representada como carga de empuxo PA. Alguns dos tarugos foram perfurados e laminados sem usar o impulsor em avanço, e a carga média de empuxo atuante sobre o plugue no estado estável é representada como carga de empuxo PB.

[0091] A força impulsora do impulsor t) na Tabela 1 é definida de força do impulsor. A velocidade do estado não-estável (mm/s) é a velocidade média de avanço do tarugo no estado não-estável, e a velocidade do estado estável (mm/s) é a velocidade média de avanço do tarugo no estado estável sem utilizar o impulsor,

[0092] Outras condições além daquelas na Tabela 1 são conforme apresentadas na Tabela 2 e são as mesmas para todos os números de teste. Observa-se que conforme dado na Tabela 2, as Expressões (1) e (2) foram satisfeitas no presente exemplo.

TABELA 1

teste Nº	força impulsora do impulsor (ton)	PA (ton)	PB (ton)	relação de carga do plu- gue	tempo estabe- lecido de for- jamento rota- tivo (tempos)	velocidade de avanço em estado não- estável (mm/s)	velocidade de avanço em estado estável (mm/s)	incidência de defeitos de superfície in- terna (%)
1	0,2	5,1	9,2	0,55	2,00	50	65	80
2	0,5	6,0	9,2	0,65	1,80	55	65	60
3	1,0	8,5	9,2	0,92	1,50	55	65	30
4	2,5	9,0	9,2	0,98	1,00	60	65	10
5	2,0	9,9	9,2	1,08	1,50	65	65	2
6	2,0	9,9	9,2	1,08	1,00	70	65	1
7	2,0	9,9	9,2	1,08	1,00	75	65	0
8	2,5	10,2	9,2	1,11	0,50	80	65	0
9	5,0	11,0	9,2	1,20	0,00	70	65	0

TABELA 2

Condições	
Dg/d	4,5 a 6,0
EL	2,5
DFT	0,87
Ângulo de Inclinação (°C)	10
Ângulo de Eixos Cruzados (°C)	20

[0093] A superfície interna foi visualmente examinada na faixa de 200 mm a partir da extremidade da ponta do casco oco produzido e examinado quanto à presença ou ausência de defeitos de superfícies internas. Quando constatada a presença de pelo menos um defeito de superfície interna, determinou-se que um tarugo estava com defeito de superfície interna. Para exame das amostras com os números de teste, foi obtida a incidência de defeitos de superfície interna baseado sobre a seguinte Expressão (B):

[0094]
$$\text{Incidência de defeito de superfície interna} = \frac{\text{número de tarugos com defeitos de superfície interna}}{\text{número total de tarugos}} \dots (B)$$

[0095] em que o número total de tarugos é o número total de tarugos perfurados e laminados para cada um dos números de teste, que é de 100 no presente exemplo como descrito acima. No presente exemplo, foi avaliado que os defeitos de superfície interna foram limitados quando a incidência de defeitos de superfície interna foi inferior a 5%.

[0096] A incidência de defeitos de superfície interna obtida é dada na Tabela 1.

[0097] Com referência à Tabela 1, amostras com teste nºs 1 a 4 tiveram individualmente uma velocidade de avanço no estado não-estável que foi menor que a velocidade de avanço no estado estável e fora da faixa definida pela invenção. A relação de carga do plugue foi inferior a 1,0 que se encontrava fora da faixa definida pela invenção. Por conseguinte, a incidência de defeitos de superfície interna foi superior a 5%.

[0098] Em contraste, amostras com testes nº 5 a 9 cada uma tem uma carga de plugue não inferior a 1,0 e suas velocidades de avanço no estado não-estável não foram inferiores às suas velocidades de avanço no estado estável. Por conseguinte, a incidência de defeitos de superfície interna foi significativamente inferior àquela das amostradas

com testes nºs 1 a 4. Observe-se que quando a relação de carga plugue foi elevada para 1,08 ou mais alta e o número de forjamento rotativo estabelecido não foi superior a 1,0, a incidência de defeitos de superfície interna foi de 0%.

EXEMPLO 2

[0099] A perfuração e a laminação foram realizadas enquanto a relação de carga do plugue macho foi mantida constante e a relação de tiragem de estrangulamento DFT e a relação de perfuração e de laminação EL foram variadas, e foi examinado se o tarugo, no processo de perfuração e de alimentação, deslizou.

[00100] Um tarugo circular maciço foi preparado, seu tipo de aço foi definido como S45C por padrões JIS, e seu diâmetro externo foi de 70 mm. O tarugo circular maciço preparado foi aquecido a 1200°C em um forno calefator a seguir perfurado e laminado utilizando a laminadora perfuradora mostrada na figura 2 e formada em um casco oco. Na ocasião, a relação de tiragem de estrangulamento DFT e a relação de perfuração e de laminação EL foram variadas para cada tarugo. As outras condições, além da relação de tiragem de estrangulamento DFT e da relação de perfuração e de laminação EL foram conforme dadas na Tabela 3 para qualquer um dos tarugos. Conforme dada na Tabela 3, a relação de carga do plugue foi de 1,20 e a velocidade de avanço do tarugo no estado não-estável não foi inferior à velocidade de avanço do tarugo no estado constante sem utilizar o impulsor.

[00101] Durante a perfuração e a laminação, cada tarugo foi impelido pelo impulsor, recolhido entre os rolos inclinados e prosseguiu em sua impulsão até a perfuração e a laminação atingirem um estado estável. Após o tarugo ser impelido por 300 mm, a partir da posição onde o tarugo foi apanhado, a operação do impulsor foi interrompida.

TABELA 3

Condições	
Dg/d	5,8
PA	11,0
PB	9,2
Relação de carga de plugue	1,20
Ângulo de Inclinação (°)	10
Ângulo de Eixos Cruzados (°)	20

[00102] Após o impulsor ser interrompido, foi examinado se o deslizamento foi causado durante a perfuração e laminação. Se o tarugo deixou de avançar durante a perfuração e a laminação ou enquanto a extremidade traseira do tarugo era perfurada e laminada (ocorreu a pane denominada de derrapagem), determinou-se que defeito de laminação causado por deslizamento.

[00103] O resultado do exame é apresentado na figura 6. A abscissa na figura 6 representa a relação de perfuração e de laminação EL, e a ordenada representa a relação de tiragem de estrangulamento DFT. Na figura 6, "O" indica que perfuração e laminação estáveis foram conduzidas sem defeitos de laminação causados por deslizamentos, ao passo que "." indica que o engano foi causado por maior deslizamento na perfuração e laminação. Com referência à figura 6, quando a relação de tiragem de estrangulamento DFT e a relação de perfuração e de laminação EL satisfazem a Expressão (2), e nenhum defeito de laminação foi causado. Entrementes, quando a relação de tiragem de estrangulamento DFT e a relação de perfuração e de laminação EL não satisfazem a Expressão (2), o defeito de laminação foi causado.

[00104] Embora as modalidades da presente invenção tenham sido descritas, elas são apresentadas somente a título de ilustração e exemplo e não devem ser tomadas a título de limitação. A invenção pode ser incorporada em várias formas modificadas, sem se afastar do

espírito e do escopo da invenção.

APLICABILIDADE INDUSTRIAL

[00105] O processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura, de acordo com a invenção é aplicável a um processo de fabricar um tubo ou conduto sem costura por perfurar e laminar um material em um casco oco usando uma laminadora perfuradora.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de fabricar um conduto ou tubo sem costura por perfurar e laminar um tarugo (20) utilizando uma laminadora perfuradora (10) que compreende um impulsor (4) previsto sobre um lado da entrada ao longo de uma linha de passe (X - X), um plugue (2) previsto sobre um lado da saída ao longo da linha de passe (X - X), e uma pluralidade de rolos inclinados (1) situados em relação oposta a amostra com o plugue (2) intermediário, o processo compreendendo as etapas de:

colocar o tarugo (20) na linha de passe (X - X) entre o impulsor (4) e o plugue (2);

avancar o tarugo (20) para ser recolhido entre a pluralidade de rolos inclinados (1); caracterizado pelo fato de:

impelir o tarugo (20) para frente pelo impulsor (4) para que pelo menos entre quando o tarugo (20) recolhido contatar o plugue (2) e quando a perfuração e a laminação atingirem um estado estável, a velocidade de avanço do tarugo (20) seja pelo menos igual à velocidade de avanço do tarugo (20) quando a perfuração e a laminação forem executadas sem impelir o tarugo (20) para frente pelo impulsor (4) no estado estável;

sendo que compreende ainda a etapa de estabelecer a posição dos rolos inclinados (1) antes da perfuração e da laminação para que as Expressões (1) e (2) sejam satisfeitas;

$$Dg/d \leq 4,5 \quad (1)$$

$$-0,01053EL + 0,8768 \leq DFT \leq 0,01765EL + 0,9717 \quad (2)$$

em que Dg é um diâmetro de rolo (mm) de uma parte estrangulada do rolo inclinado (1), d é um diâmetro externo (mm) do tarugo (20), DFT é uma relação de tiragem de estrangulamento, e EL é uma relação de perfuração e de laminação na Expressão (2), e as relações são definidas pelas Expressões (3) e (4):

$$DFT = Rg/d \quad (3)$$

$$EL = L1/L0 \quad (4)$$

em que Rg é um intervalo de rolos (mm) que é minimizado na parte estrangulada, L0 é um comprimento (mm) do tarugo (20), e L1 é o comprimento (mm) de um casco oco após a perfuração.

2. Processo de fabricar um conduto ou tubo sem costura, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa de impelir para frente compreende a etapa de impelir o tarugo (20) para frente pelo impulsor (4) para que pelo menos entre quando o tarugo (20) recolhido contatar o plugue (2) e quando a perfuração e a laminação atingirem o estado estável, a carga de empuxo atuando sobre o plugue (2) é pelo menos igual à carga de empuxo atuando sobre o plugue (2) quando a perfuração e a laminação são executadas sem impelir o tarugo (20) para frente pelo impulsor (4) no estado estável.

3. Processo de fabricar um conduto ou tubo sem costura, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que compreende ainda a etapa de interromper o empuxo do tarugo (20) para frente pelo impulsor (4) quando a perfuração e laminação atingem o estado estável.

4. Processo de fabricar um conduto ou tubo sem costura, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a laminadora perfuradora (10) compreende ainda um detector (51) previsto no lado da saída para detectar se uma extremidade da ponta de um casco oco passa entre as extremidades posteriores dos rolos inclinados (1); e

na etapa de interromper, o empuxo para frente do tarugo (20) pelo impulsor (4) é interrompido quando o detector (51) detecta a extremidade da ponta do casco oco passando entre as extremidades traseiras dos rolos inclinados (1).

FIG.1

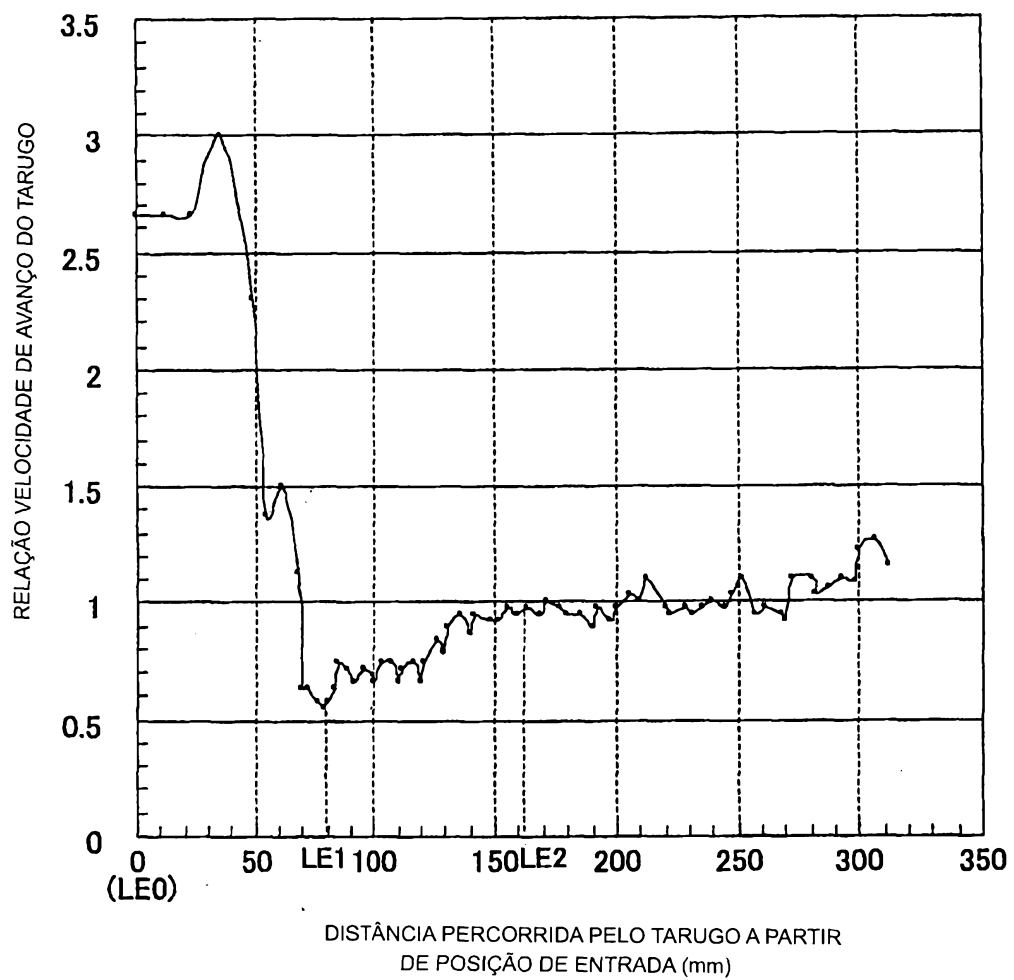


FIG. 2

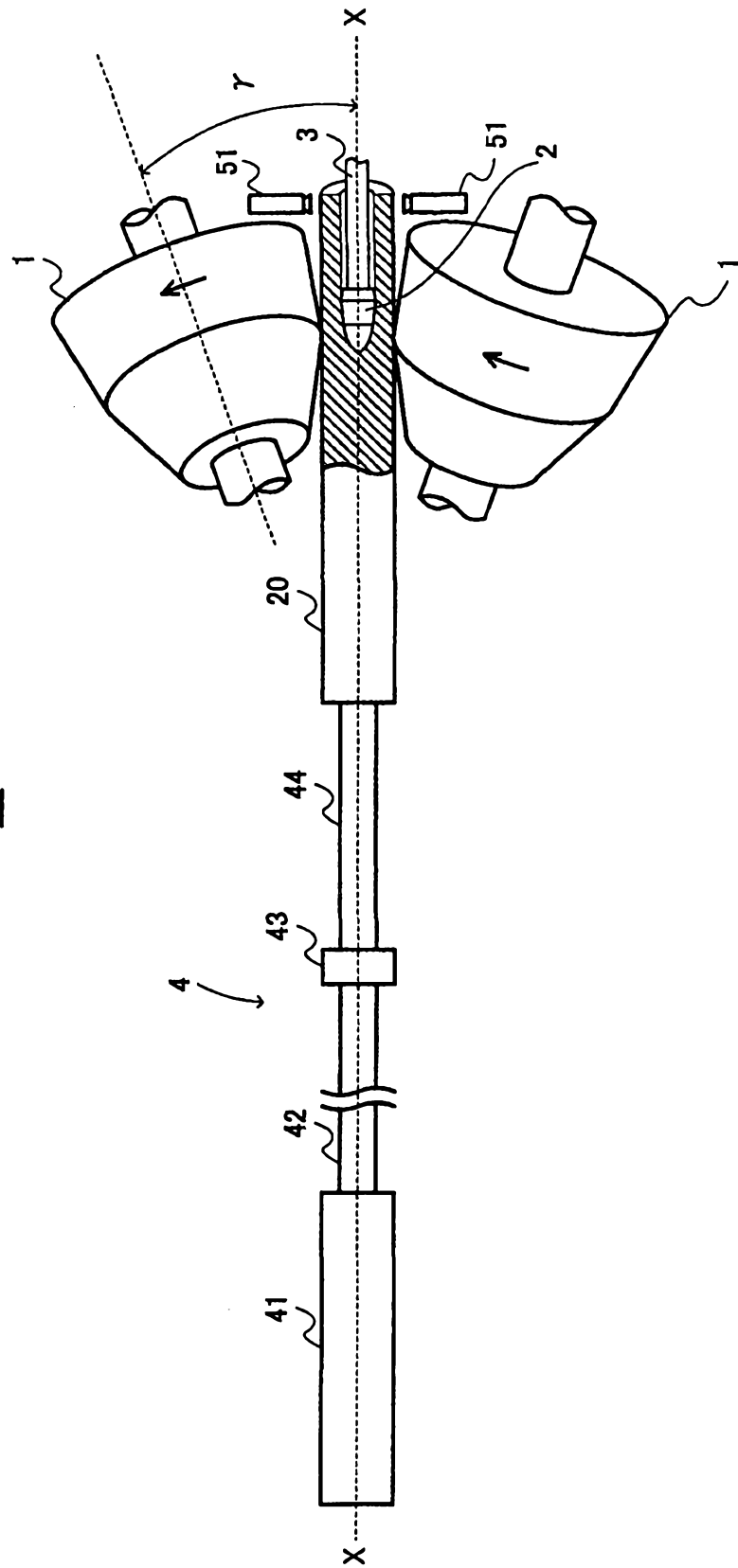
10

FIG.3

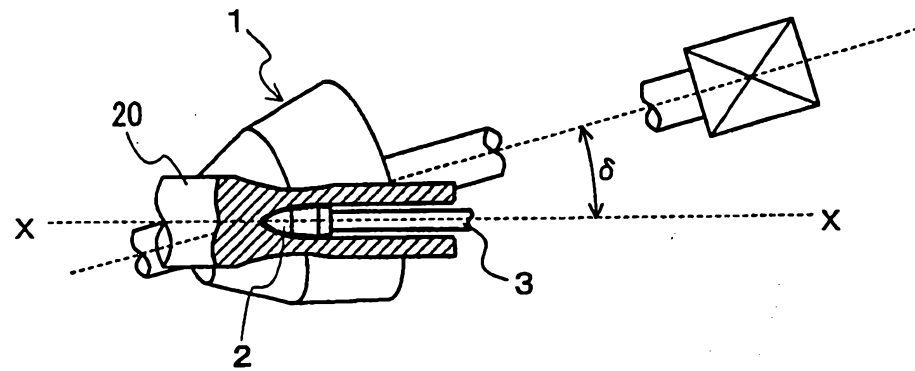


FIG.4

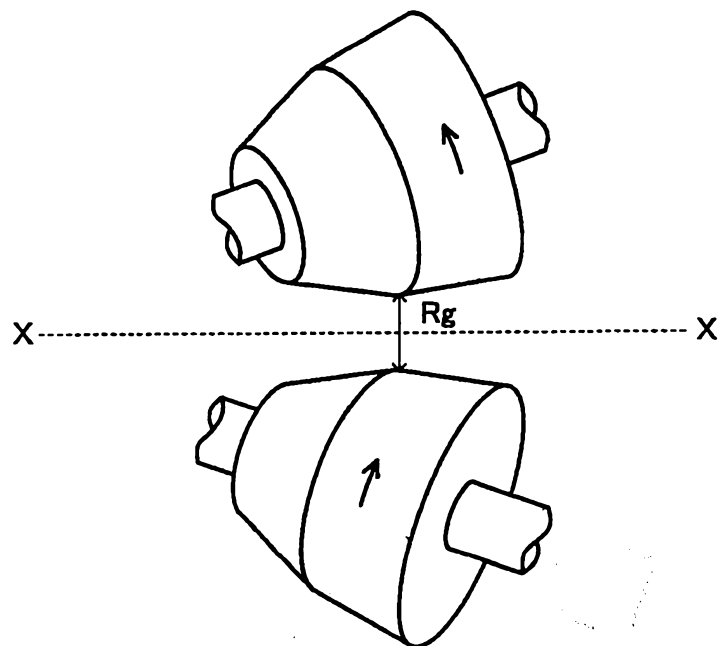


FIG.5

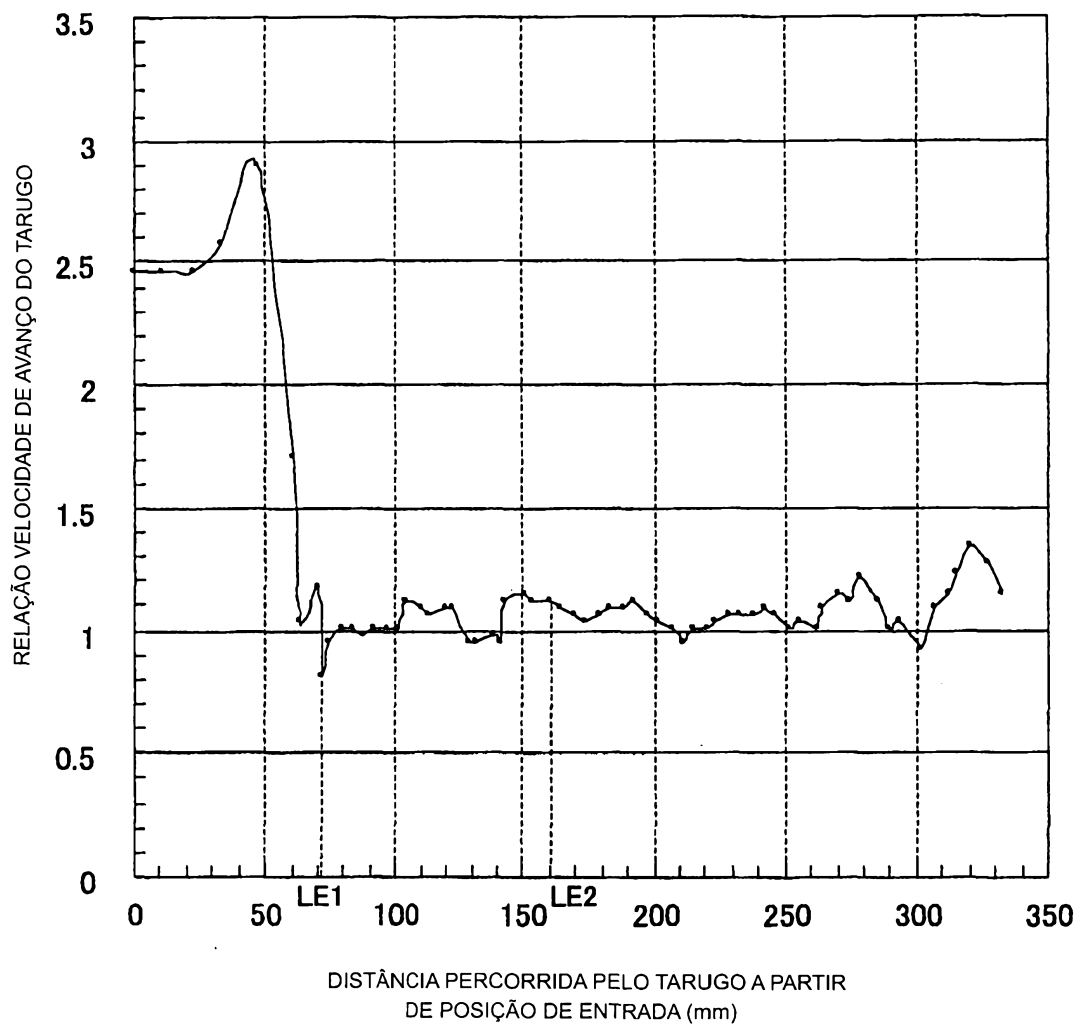


FIG.6

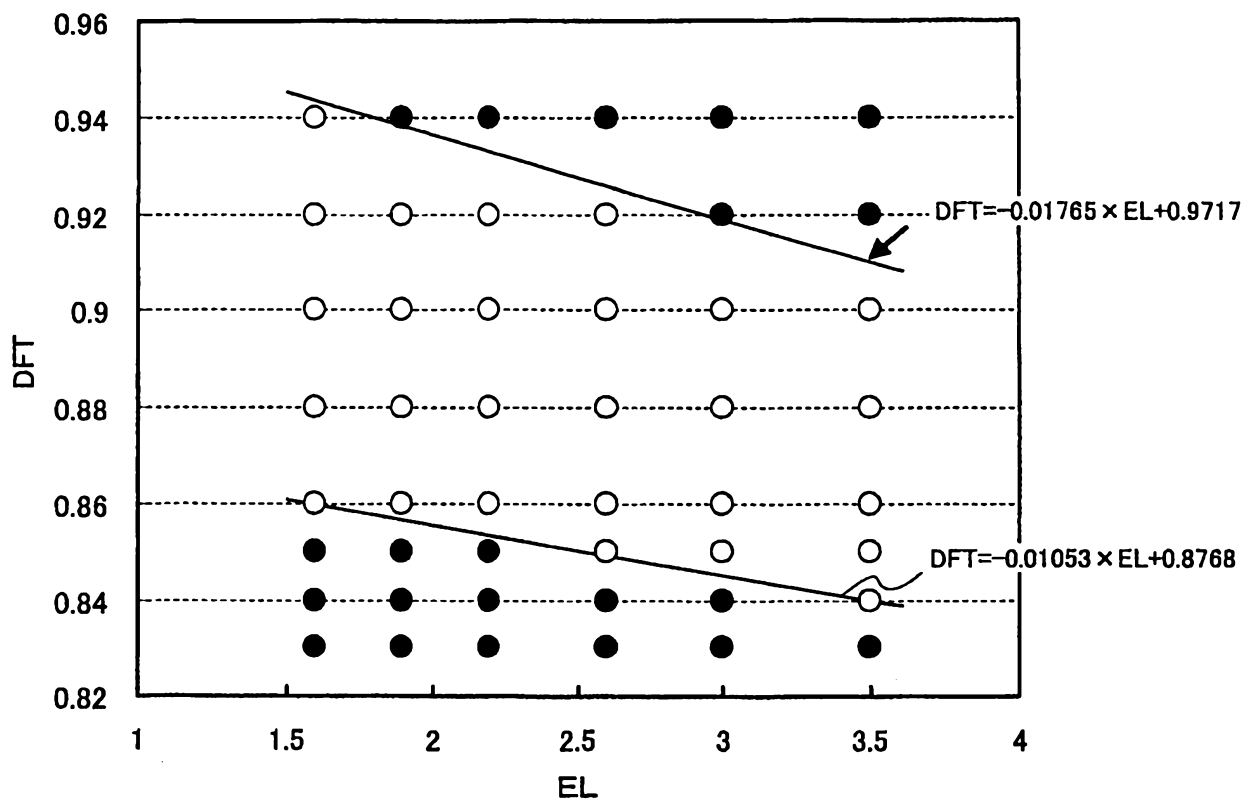
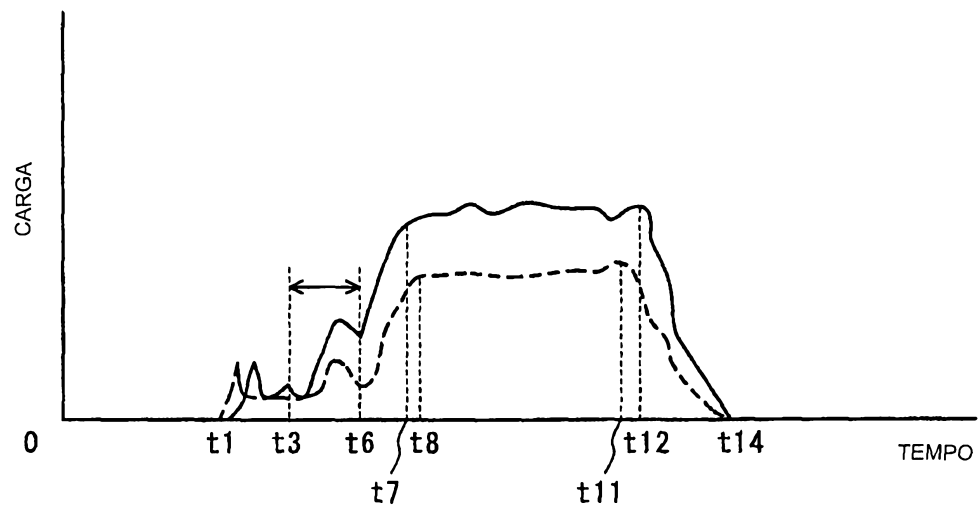


FIG. 7 (Técnica Anterior)**FIG. 8** (Técnica Anterior)