



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

(11) PI 0718208-2 B1



(22) Data do Depósito: 15/10/2007

(45) Data de Concessão: 27/08/2019

(54) Título: MANDRIL LAMINADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA

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

(30) Prioridade Unionista: 16/10/2006 JP 2006-281515.

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

(72) Inventor(es): AKIHITO YAMANE.

(86) Pedido PCT: PCT JP2007070083 de 15/10/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/050627 de 02/05/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 16/04/2009

(57) Resumo: MANDRIL LAMINADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA Um mandril laminador é provido, o qual pode realizar a laminação de alongação com uma proporção de trabalho e precisão dimensional marcadamente aumentada sobre um material que é inerentemente difícil de laminar de modo que um cilindro oco feito de aço inoxidável ou um material fina. Um mandril laminador, para produção de um tubo mãe pela realização de laminação de alongação de um cilindro oco, compreende uma pluralidade de armações de cilindros, que apresenta pelo menos uma armação de 4-cilindros para redução de espessura de parede de um cilindro oco e pelo menos uma armação de 2-cilindros que inclui a armação final a jusante à armação de 4- cilindros.

MANDRIL LAMINADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE UM TUBO SEM COSTURA

Campo Técnico

[001] Esta invenção se refere a um mandril laminador e um processo para produção de um tubo sem costura. Especificamente, a invenção se refere a um mandril laminador e um processo para produção de um tubo sem costura que pode realizar a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho e precisão dimensional superiores aos atuais em um material difícil de laminar tal como tubo em aço inoxidável ou tubo em aço de parede fina.

Fundamentos da Invenção

[001] Quando a produção de tubo em aço sem costura pelo processo do mandril laminador Mannesmann, primeiro, uma barra redonda ou quadrada é carregada para dentro de um forno de aquecimento e aquecida. A seguir, a barra redonda ou quadrada experimenta laminação por perfuração usando um perfurador para formar um cilindro oco de parede espessa. Então, uma barra de mandril é inserida no cilindro oco, e o cilindro experimenta a laminação de alongação utilizando um mandril laminador, que tipicamente compreende armações de 5 a 8 rolos, para diminuir a espessura da parede até um valor predeterminado e formar um tubo mãe. A barra de mandril é então retirada do tubo mãe, e o tubo mãe experimenta a laminação de dimensionamento utilizando um laminador de redução para fornecer um diâmetro externo predeterminado e deste modo produzir um tubo de aço sem costura que é o produto final.

a. Um mandril laminador para realização de laminação de alongação é tipicamente um mandril laminador de 2 rolos que possui dois conjunto de rolos de alongação dispostos em cada armação de rolo. Contudo, com um mandril laminador de 2 rolos, a extensão de deformação de um cilindro oco que está sendo laminado difere enormemente entre as porções do cilindro oco que corresponde aos fundos das ranhuras dos rolos (referido abaixo simplesmente como as porções do fundo da ranhura do cilindro). Deste modo, o balanço da tensão em um cilindro oco que experimenta a laminação de alongação em um mandril laminador de 2 rolos é

facilmente afetado, e é difícil alcançar um alto coeficiente de trabalho com um mandril laminador de 2 rolos.

[002] Nos últimos anos, o uso de um mandril laminador de 3 rolos no lugar de um mandril laminador de 2 rolos, que é difícil de alcançar um alto coeficiente de trabalho, foi revelado (ver documento de patente 1, por exemplo).

[003] De modo a suprimir a ocorrência de variações da espessura que é um fenômeno em que os quatro locais na direção circunferencial de um cilindro oco se torna localizadamente espesso devido a laminação com um mandril laminador de 2 rolos, tem sido proposto utilizar uma armação de 4 rolos que realiza a redução localizada dos quatro locais onde a espessura da parede é aumentada como a armação final de um mandril laminador. Os documentos de patente 2 e 3 revelam técnicas de laminação e equipamento para realizar tal proposta.

[004] Contudo, se as armações de rolos que possuem um número diferente de rolos são instaladas no mesmo mandril laminador, o equipamento se torna complicado, e o projeto e melhoria do equipamento se torna difícil.

[005] Em um mandril laminador de 2 rolos, um par de rolos com ranhuras pode entrar em contato um com o outro nas flanges dos rolos. Deste modo, o ajuste do ponto zero das posições de redução dos rolos pode ser facilmente realizado. Em contraste, com um mandril laminador de 3 rolos ou um mandril laminador de 4 rolos, tal contato entre os rolos não pode ser alcançado. Deste modo, o ajuste do ponto zero da posição de redução dos rolos é difícil comparado com um mandril laminador de 2 rolos, e é difícil garantir precisão dimensional após a laminação. O documento de patente 4 revela uma invenção que ajusta o ponto zero das posições de redução utilizando valores reais medidos com um calibrador de espessura.

25 Documento de patente 1: JP 2005-111518 A

Documento de patente 2: JP H08-71614 A

Documento de patente 3: JP H11-123409 A

Documento de patente 4: JP 2005-131706 A

Revelação da Invenção

30 Problemas que a Invenção Soluciona

[006] Na produção de tubos sem costura, há uma demanda pela produção de um tubo com um coeficiente de trabalho mais alto e precisão dimensional maior do que as atuais para materiais difíceis de laminar para os quais a laminação de alongação é inerentemente difícil, tal como um cilindro oco feito de aço inoxidável ou de um material de parede fina.

[007] Contudo, como acima descrito, analisando as várias vantagens e desvantagens de mandris laminadores de 2 rolos a 4 rolos, uma laminação de alongação que supera um mandril laminador de 2 rolos não foi desenvolvido.

[008] Deste modo, conforme um mandril laminador de 2 rolos é usado, fica difícil obter um coeficiente de trabalho superior e uma precisão dimensional maior do que as atuais.

Meios para Solucionar o Problema

[009] A presente invenção é um mandril laminador que apresenta uma pluralidade de armações de rolos para realizar a laminação de alongação de um cilindro oco para a produção de um tubo mãe, caracterizado por apresentar pelo menos uma armação de 4-rolos para redução da espessura da parede de um cilindro oco e pelo menos uma armação de 2-rolos que inclui a armação final do mandril laminador no lado a jusante da armação de 4-rolos.

[0010] No mandril laminador de acordo com a presente invenção, todos os rolos da armação de 4-rolos são preferivelmente rolos controladores que são acionados por um motor acionador do rolo.

[0011] A presente invenção é também um mandril laminador que apresenta uma pluralidade de armações de rolos para laminação de alongação de um cilindro oco para produzir um tubo mãe, caracterizado por apresentar pelo menos uma armação de 3-rolos para redução da espessura da parede de um cilindro oco e pelo menos uma armação de 2-rolos do tipo carga hidráulica que inclui a armação final do mandril laminador no lado a jusante da armação de 3-rolos.

[0012] De um outro ponto de vista, a presente invenção é um processo para produzir um tubo sem costura caracterizado pela laminação de alongação de um cilindro oco que utiliza o mandril laminador acima descrito de acordo com a presente

invenção para produzir um tubo sem costura.

Efeitos da Invenção

[0013] A presente invenção pode fornecer um mandril laminador que pode realizar a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho muito mais alto e uma precisão dimensional muito maior do que os atuais, mesmo sobre um material difícil de ser laminado que é inerentemente difícil de ser laminado, tal como um tubo de aço inoxidável ou um tubo de aço de parede fina. Adicionalmente, a presente invenção pode fornecer um mandril laminador que não desenvolve facilmente os problemas operacionais e que realiza a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho muito maior e uma precisão dimensional muito maior do que os atuais, mesmo sobre um material difícil de ser laminado, que é inerentemente difícil de ser laminado.

Breve Explicação dos Desenhos

[0014] A figura 1(a) é uma vista explicativa que mostra a distribuição de resultados calculados para um critério de fratura dúctil sobre uma área de $\frac{1}{4}$ de circunferência de um cilindro oco quando se utiliza uma armação de 4-rolos nas armações a montante de um laminador, e a figura 1(b) é uma vista explicativa que mostra a distribuição de resultados calculados para um critério de fratura dúctil sobre uma área de $\frac{1}{4}$ de circunferência de um cilindro oco quando se utiliza uma armação de 2-rolos nas armações a montante de um laminador.

[0015] A figura 2 é uma vista explicativa que mostra uma comparação do espaço calculado para uma porção de $\frac{1}{4}$ de circunferência de um outro tubo e uma barra de mandril na saída da armação final para os casos (i), (ii), e (iii), em que a figura 2(a) é uma vista explicativa da forma da porção final de um tubo quando se utiliza armação de 2-rolos, a figura 2(b) é uma vista explicativa que mostra a forma da porção final de um tubo quando se utiliza armação de 4-rolos, e a figura 2(c) é uma vista explicativa que mostra a forma da porção final de um tubo quando se utiliza armação de 4-rolos apenas como as duas armações adjacentes.

[0016] A figura 3 é um gráfico que mostra os resultados de um teste de laminação realizado em um cilindro oco laminado a frio, cujas dimensões antes da

laminação são de 63mm de diâmetro e 4mm de espessura de parede feita de material de chumbo contendo antimônio utilizando uma barra de mandril co um diâmetro de 50mm.

Melhor Modo de Realização da Invenção

5 Realização 1

[0017] Abaixo, o melhor modo de realização da presente invenção, que é um mandril laminador e um processo de produção de tubo sem costura será explicada em detalhe com referência aos desenhos anexos.

10 [0018] Esta realização de um mandril laminador apresenta uma pluralidade de armações de rolo para laminação de alongação de um cilindro oco para produzir um tubo mãe. O mandril laminador inclui pelo menos uma armação de 4-rolos para redução de espessura de parede de um cilindro oco e pelo menos uma armação de 2-rolos a jusante a armação de 4-rolos e que inclui a armação final do mandril laminador.

15 [0019] Da pluralidade de armações de rolo que constituem este mandril laminador, pelo menos uma armação de 4-rolos para redução de espessura de parede é posicionado nas armações a jusante próximo à saída do mandril laminador.

[0020] Por meio da instalação de pelo menos uma armação de 4-rolos para redução de espessura de parede nas armações a montante, se torna possível realizar a
20 laminação de alongação de um cilindro oco com um coeficiente de trabalho extremamente alto antes da temperatura do cilindro oco diminuir. A redução na armação de 4-rolos nas armações a montante permite um comprimento da circunferência do cilindro oco ser mantido com a deformação na direção circunferencial do cilindro oco aproximadamente uniforme.

25 [0021] Geralmente, a temperatura de um cilindro oco diminui conforme este é submetido à laminação de alongação em uma pluralidade de armações de rolo que constituem um mandril laminador, enquanto está se movendo. Como resultado, quando um cilindro oco é feito de um material que possui um alto coeficiente de contração térmica (tal como uma liga de aço que contém pelo menos 9% em massa de
30 Cr), o cilindro oco algumas vezes adere a barra do mandril devido a contração de sua

circunferência quando a barra do mandril é retirada após o cilindro oco passar através da armação de rolos final.

[0022] Assim, de modo a realizar a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho alto e uma precisão dimensional alta sem a ocorrência de problemas operacionais, é efetivo realizar a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho alto e uma deformação praticamente uniforme na direção circunferencial nas armações a montante onde a temperatura de um cilindro oco é ainda alta, tal que um comprimento de circunferência adequado do cilindro oco pode ser mantido nas armações a jusante onde a temperatura do cilindro oco diminui.

[0023] Nesta realização, todos os rolos em pelo menos uma armação de 4-rolos para redução de espessura de parede providos nas armações a montante são rolos controladores que são acionados por um motor de acionamento de rolo.

[0024] De modo a realizar a laminação de alongação comum coeficiente de trabalho bastante aumentado e uma precisão dimensional bastante aumentada sem problemas operacionais, como acima descritos, a laminação de alongação nas armações de rolo a montante é realizada com um coeficiente de trabalho alto e com deformação praticamente uniforme na direção circunferencial. Para este propósito, todos os rolos em pelo menos um da armação de 4-rolos para redução de espessura de parede provido nas armações a montante são preferivelmente rolos controladores conectados a um motor de acionamento de rolo tal que todos estes rolos servem para realizar a laminação de alongação.

[0025] Por meio da instalação de pelo menos uma armação de 2-rolos que inclui a armação final nas armações a jusante, a circunferência de um cilindro oco pode ser mantida, e um espaço grande pode ser mantido entre a superfície interna do cilindro oco e a superfície externa de uma barra do mandril. Como resultado, a barra do mandril pode ser facilmente retirada do cilindro oco após o cilindro oco ter passado pela armação final. Adicionalmente, como acima afirmado, um mandril laminador de 2-rolos permite o ajuste do ponto zero da posição de redução dos rolos ser facilmente realizado. Deste modo, por meio da instalação de pelo menos uma armação de 2-rolos que inclui a armação final nas armações a jusante, a precisão dimensional de um tubo

mãe produzido pela laminação de alongação pode ser mantida em um nível alto.

[0026] Os fundos das ranhuras da armação de 2-rolos estão preferivelmente localizados em 0° e 90° com relação aos fundos das cavidades da armação de 4-rolos. Tornar a posição dos fundos das cavidades da armação de 2-rolos a mesma posição dos fundos das cavidades da armação de 4-rolos (tal que não haja diferença de fase entre estes) permite que um produto de qualidade superior seja fabricado.

[0027] Conforme o conteúdo da liga de um cilindro oco aumenta ou conforme sua espessura de parede diminui, se torna mais fácil ocorrer um defeito de perfuração durante a laminação de alongação. Por exemplo, se um alto coeficiente de trabalho é aplicado apenas no centro dos fundos das ranhuras dos rolos na segunda armação de rolo de armações de 2-rolos consecutivas em uma pluralidade de armações de rolos que constituem um mandril laminador, uma alta redução de laminação é aplicada apenas aos centros dos fundos das ranhuras mesmo se a redução fora dos centros dos fundos das ranhuras dos rolos é diminuída de modo que as porções do flange dos rolos na segunda armação de rolo não são esticadas na direção do comprimento. Neste momento, a alongação na direção do comprimento nos centros dos fundos das ranhuras aumenta na segunda armação de rolo, mas o material em ambos os lados dos centros dos fundos das ranhuras e o material nas porções do flange são restringidas, de modo a tornar difícil para o cilindro oco avançar na direção da laminação nos centros dos fundos das ranhuras e um defeito de perfuração se desenvolve. Assim, os defeitos de perfuração são defeitos causados pela excessiva redução nos centros dos fundos das ranhuras dos rolos.

[0028] Durante a laminação na armação de 2-rolos, se um cilindro oco inserido na armação tem um diâmetro que ultrapassa as porções do fundo da ranhura deste, onde a redução por laminação é grande, ondulação tende a ocorrer facilmente naquela porção e assim um defeito na perfuração se desenvolve prontamente. De modo a suprir, tanto quanto possível, um cilindro oco que não ultrapassa no seu diâmetro nas suas porções do fundo da ranhura, é desejável que as posições das porções do fundo da ranhura na armação de 2-rolos estejam também nas posições das porções do fundo da ranhura na armação imediatamente anterior (no lado a montante).

[0029] Como efeito secundário na armação de 2-rolos a jusante, a temperatura do cilindro oco pode ser estabelecida em uma temperatura mais baixa, e a temperatura final após a laminação de alongação em um mandril laminador pode ser diminuída para 900°C ou menos, por exemplo.

5 [0030] Deste modo, nesta realização, um mandril laminador é constituído de modo a ter pelo menos uma armação de 4-rolos para redução de espessura de parede de um cilindro oco e pelo menos uma armação de 2-rolos localizada a jusante da armação de 4-rolos e que inclui a armação final do mandril laminador, em que a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho e precisão dimensional
10 bastante aumentados pode ser realizada sem a ocorrência de problemas operacionais.

Realização 2

[0031] Esta realização de um mandril laminador tem pelo menos uma armação de 3-rolos e pelo menos uma armação de 2-rolos hidraulicamente carregada a jusante à armação de 3-rolos e que inclui a armação final do mandril laminador.

15 [0032] Ao invés de fornecer pelo menos uma armação de 4-rolos para a redução de espessura de parede nas armações a montante como na primeira realização, pelo menos uma armação de 3-rolos para redução de espessura de parede é fornecida nas armações a montante, onde a laminação de alongação pode ser realizada com um coeficiente de trabalho e precisão dimensional bastante aumentados sem a ocorrência
20 de problemas operacionais, do mesmo modo como na realização 1.

[0033] Uma armação de 3-rolos não tem uma posição de referência para cada rolo. Deste modo, é difícil esperar precisão da posição de redução do mesmo grau como pode ser alcançada em uma armação de 4-rolos. Assim, com uma armação de 4-rolos, se a informação sobre a posição relativa de cada rolo a partir de seu rolo oposto
25 é obtida, é possível aumentar a precisão da posição de redução pelo ajuste do espaço entre uma barra de mandril e as porções de fundo da ranhura do rolo. Contudo, tal técnica de aumento da precisão da posição de redução não pode ser empregada com uma armação de 3-rolos porque não há rolos opostos.

[0034] Conseqüentemente, de modo a realizar o controle da espessura da
30 parede durante a laminação de alongação nesta realização, pelo menos uma armação

de 2-rolos carregada hidraulicamente é disposta na armação ou armações a jusantes que incluem a armação final em alta velocidade durante a laminação de alongação. Desde que uma armação de rolo carregado por um motor elétrico não pode variar a posição de redução durante a laminação de alongação, é efetivo utilizar uma armação de rolo do tipo hidraulicamente carregado que pode mudar a posição de redução durante a laminação.

[0035] Deste modo, nesta realização também, a laminação de alongação pode ser realizada com um coeficiente de trabalho e precisão dimensional bastante aumentados sem a ocorrência de problemas operacionais.

10 Exemplo 1

[0036] A presente invenção será explicada mais concretamente enquanto se refere aos exemplos.

(1) uma simulação matemática (rígida plástica 3D-FEM) de laminação de alongação foi realizada sob as condições abaixo descritas (A) e (B) para determinar o coeficiente de trabalho e a precisão dimensional dos tubos mões resultantes para os seguintes mandris laminadores;

(i) um mandril laminador que possui cinco armações de rolo em que uma primeira armação de rolo e uma segunda armação de rolo foram armações de 4-rolos para redução de espessura de parede e da terceira à quinta armação de rolo foram armações de 2-rolos (exemplo 1).

(ii) um mandril laminador que possui armações de cinco rolos em que da primeira a quinta armação de rolo são armações de 4-rolos (exemplo convencional), e

(iii) um mandril laminador que possui cinco armações de rolo em que da primeira a quinta armação de rolo foram armações de 4-rolos (exemplo comparativo).

(A) Dados Básicos usados quanto se realiza a simulação neste exemplo

[0037] Dimensões do cilindro oco antes da laminação: diâmetro de 435mm, espessura de parede de 35,5mm

30 [0038] Dimensões do cilindro oco após a laminação: diâmetro de 381mm,

espessura de parede de 17,1mm

[0039] Material: aço inoxidável

[0040] Temperatura do cilindro oco antes da laminação de alongação: 1000°C

[0041] Diâmetro da barra do mandril: 347mm

5 [0042] Número total de armações de rolo em mandril laminador: armações de 5 rolos

[0043] Diâmetro do fundo da ranhura dos rolos: 500mm

(B) Número e localização de armações de 4-rolos em armações a montante

10 Caso (i): Os fundos das ranhuras dos rolos da primeira armação de rolo e os fundos das ranhuras dos rolos da segunda armação de rolo estão em 45° um em relação ao outro.

Caso (iii): Os fundos das ranhuras das armações de número ímpar de rolos e os fundos das ranhuras das armações de número par de rolos estão em 45° um em relação ao outro.

15

(C) Número e localização das armações de 2-rolos em armações a jusante

Caso (i): Os fundos das ranhuras das armações de número ímpar de rolos e os fundos das ranhuras das armações de número par de rolos estão em 90° um em relação ao outro.

20

Os fundos das ranhuras dos rolos da terceira armação de rolos e os fundos das ranhuras dos rolos da segunda armação de rolo estão a 0° ou 90° um em relação ao outro, ou

Caso (ii): Os fundos das ranhuras dos rolos de armações de número ímpar de rolos e os fundos das ranhuras dos rolos das armações de número par de rolos estão a 90° um em relação ao outro.

25

[0044] A figura 1(a) é uma vista explicativa que mostra a distribuição de resultados calculados para um critério de fratura dúctil sobre uma área de $\frac{1}{4}$ de circunferência de um cilindro oco quando se utiliza uma armação de 4-rolos nas armações a montante de um laminador, e a figura 1(b) é uma vista explicativa que

30

mostra a distribuição de resultados calculados para um critério de fratura dúctil sobre uma área de $\frac{1}{4}$ de circunferência de um cilindro oco quando se utiliza uma armação de 2-rolos nas armações a montante de um laminador.

[0045] Os cálculos do critério da fratura dúctil foram realizados pelo método
5 do elemento finito rígido plástico tridimensional na saída da segunda armação de rolo, onde foi empiricamente encontrado que a formação da perfuração ocorre facilmente, quando se realiza a laminação de elongação utilizando um mandril laminador que possui armações de 4-rolos nas armações a montante (exemplo da presente invenção) ou um mandril laminador que possui armações de 2-rolos nas armações a montante
10 (exemplo convencional), com a deformação do cilindro oco (distribuição de tensão e sobrecarga) sendo aquela que ocorre quando o cilindro oco é um corpo rígido plástico e todos os membros, exceto o cilindro oco são corpos rígidos. Nas figuras 1(a) e 1(b), baseadas na distribuição tensão-sobrecarga calculada, a região A para qual o valor calculado do critério de fratura dúctil (correspondente a energia acumulada na tensão)
15 foi pelo menos 0,350) (a porção onde há uma grande probabilidade de ocorrência da formação de perfuração (ruptura)) é mostrado com hachuras.

[0046] Como mostrado na figura 1(b), uma região A em que o valor calculado do critério da fratura dúctil foi de pelo menos 0,350 existiu quando uma armação de dois-rolos foi usada nas armações a montante,

20 [0047] A figura 2 é uma vista explicativa que mostra uma comparação do tamanho calculado do espaço entre um tubo mãe e uma barra de mandril para uma área de $\frac{1}{4}$ do tubo mãe na saída da armação final para os casos (i), (ii) e (iii). A figura 2(a) é uma vista explicativa que mostra a forma da porção final do tubo quando se utiliza armações de 2-rolos, a figura 2(b) é uma vista explicativa que mostra a forma da porção final do tubo quando se utiliza armações de 4-rolos, e figura 2(c) é uma
25 vista explicativa que mostra a forma da porção final do tubo quando armações de 4-rolos foram utilizadas apenas nas armações de dois rolos das armações a montante.

[0048] A figura 3 mostra os resultados de um teste de laminação realizado sob as condições dos casos (i) e (ii) acima descritos, para um cilindro oco de um material
30 de chumbo contendo antimônio com dimensões antes da laminação de 63mm de

diâmetro e 4mm de espessura de parede utilizando uma barra de mandril com um diâmetro de 50mm. Em ambos os casos, a redução de laminação foi variada. O caso em que nem a formação da perfuração nem cicatrizes estavam presentes no tubo mãe após a laminação de alongação é indicado por “O”, e o caso em que qualquer um estava presente é indicado por “X”. A “razão de alongação” na figura é um valor dado por: razão de alongação = (comprimento do tubo mãe após laminação de alongação)/(comprimento do cilindro oco antes da laminação de alongação) = (área da seção transversal do cilindro oco antes da laminação de alongação)/(área da seção transversal do tubo mãe após laminação).

10 [0049] A partir das figuras 1 e 2, pode-se ver que pelo uso de uma armação de quatro-rolos nas armações a montante, um comprimento de circunferência suficiente pode ser garantido com deformação praticamente uniforme na direção circunferencial de um cilindro oco. Como resultado, problemas como formação de perfuração não se desenvolvem após a laminação de alongação na segunda armação. Adicionalmente, 15 pelo uso de uma armação de dois-rolos nas armações a jusante, um espaço suficiente pode ser formado entre a superfície interna do tubo mãe resultante e a barra de mandril na armação de rolo final, e a barra de mandril pode ser retirada sem problemas.

[0050] A partir da figura 3, pode-se ver que a presente invenção (caso (i)), uma 20 razão de alongação de pelo menos 3 pode ser mantida na segunda armação de rolos, mas com o método convencional (caso (ii)), a razão de alongação não pode exceder a 3, mesmo na quarta armação de rolo. Assim, pode-se ver que a laminação de alongação com um coeficiente de trabalho acentuadamente aumentado é possível de acordo com a presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Mandril laminador apresentando pelo menos uma armação de 2-cilindros e que realizam a laminação de alongação de um cilindro oco para produzir um tubo mãe, **CARACTERIZADO** por compreender pelo menos uma armação de 4-cilindros para redução da espessura da parede do cilindro oco, e pelo menos uma armação de 2-cilindros que inclui a armação final a jusante à armação de 4-cilindros.

2. Mandril laminador de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que todos os rolos da armação de 4-rolos são cilindros que são acionados por um cilindro acionado por motor.

3. Processo de produção de um tubo sem costura, **CARACTERIZADO** pela produção de um tubo de costura ser realizada por laminação de alongação de um cilindro oco que utiliza um mandril laminador conforme estabelecido na reivindicação 1 ou 2.

Fig. 1

1/2

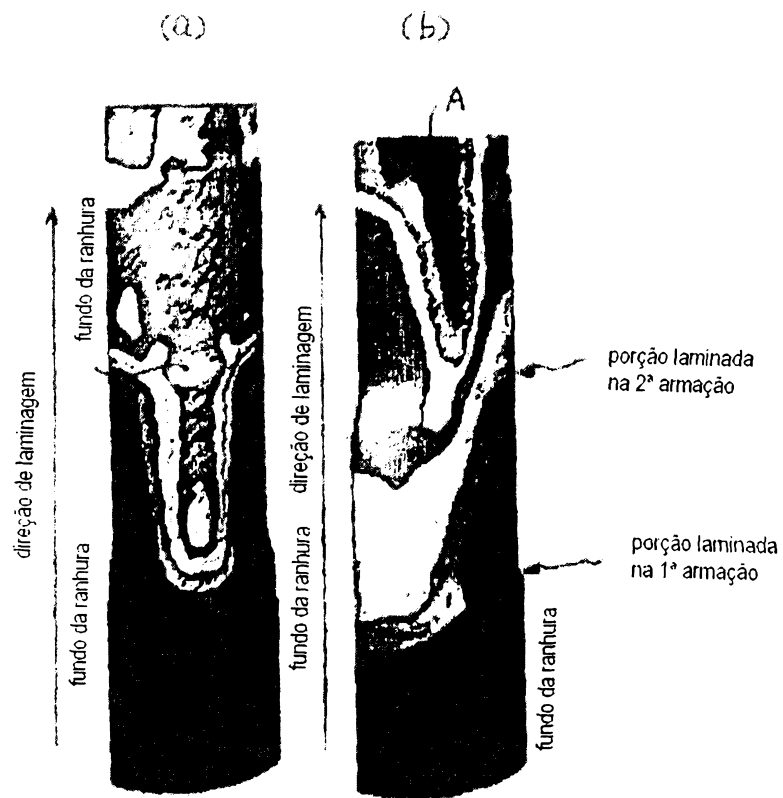


Fig. 2

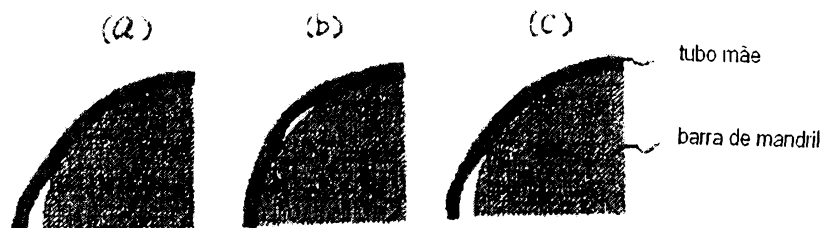


Fig. 3

2/2

