

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

(21) **PI0609266-7 A2**



* B R P I 0 6 0 9 2 6 6 A 2 *

(22) Data de Depósito: 28/03/2006
(43) Data da Publicação: 09/03/2010
(RPI 2044)

(51) *Int.Cl.:*
B21B 17/04 (2010.01)
B21B 27/02 (2010.01)

(54) Título: **MÉTODO DE LAMINAÇÃO DE ALONGAMENTO UTILIZANDO UM LAMINADOR COM MANDRIL**

(30) Prioridade Unionista: 28/03/2005 JP 2005-090432

(73) Titular(es): SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.

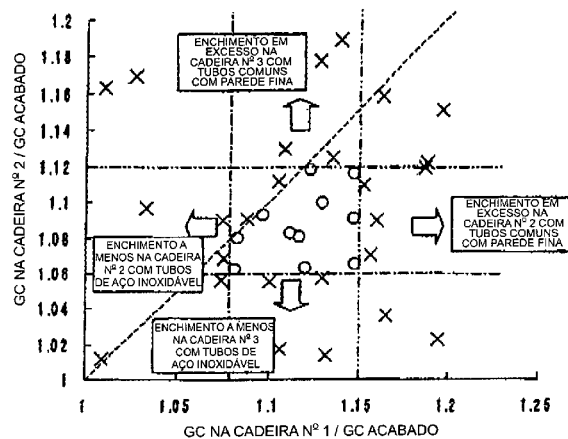
(72) Inventor(es): Akihito Yamane

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT JP2006306292 de 28/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/104146 de 05/10/2006

(57) Resumo: MÉTODO DE LAMINAÇÃO DE ALONGAMENTO UTILIZANDO UM LAMINADOR COM MANDRIL. A presente invenção refere-se a um método de laminação de alongamento de um tubo mãe a partir de um corpo oco utilizando um laminador com mandril que pode impedir o enchimento em excesso e o enchimento a menos utilizando uma única combinação de cilindro sulcado. O diâmetro externo do corpo oco é estabelecido de modo que a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento seja pelo menos 1,1 quando o tubo mãe contém pelo menos 10% de Cr ou a proporção seja menos do que 1,1 quando o tubo mãe contém menos do que 10% de Cr. O perfil de sulco de cilindros sulcados proporcionados em uma primeira cadeira e em uma segunda cadeira do laminador com mandril é estabelecido de modo que a circunferência de sulco, determinada por vários cilindros sulcados proporcionados na primeira cadeira, satisfaça a Equação 1, a circunferência de sulco, determinada por vários cilindros sulcados proporcionados na segunda cadeira, satisfaça a Equação 2, e as circunferências de sulco na primeira cadeira e na segunda cadeira satisfaçam a Equação 3. Sob estas condições, a laminação de alongamento de um tubo mãe é realizada utilizando um laminador com mandril.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO DE LAMINAÇÃO DE ALONGAMENTO UTILIZANDO UM LAMINADOR COM MANDRIL**".

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril. Especificamente, a presente invenção refere-se a um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril no qual a ocorrência de assim chamado enchimento em excesso e enchimento a menos, pode ser eficazmente impedido durante a laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril.

Antecedentes da Técnica

Na fabricação de tubo sem costura (incluindo cano sem costura) pelo método de laminador com mandril Mannesmann, um lingote redondo ou um lingote quadrado é carregado em um forno de aquecimento com parte inferior rotativa e aquecido no mesmo até 1200 até 1260°C, e ele então é sujeito à laminação de perfuração em um perfurador utilizando um bujão e cilindros para produzir um corpo oco. O corpo oco é então utilizado como um material sendo laminado (tubo mãe) e sujeito à laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril para reduzir sua espessura de parede até um valor predeterminado. O tubo mãe é então sujeito ao dimensionamento por um laminador de dimensionamento (dispositivo de dimensionamento) de modo a ter um diâmetro externo predeterminado, e assim, um produto na forma de um tubo sem costura é fabricado.

25 Até agora, um laminador com mandril do tipo com 2 cilindros, possuindo um par de cilindros sulcados que são dispostos de modo que a direção de redução difere por 90° entre duas cadeiras adjacentes tem sido muito utilizada como tal laminador com mandril. Recentemente, um laminador com mandril do tipo com 4 cilindros possuindo quadro cilindros sulcados com o ângulo de redução de duas cadeiras adjacentes diferindo por um ângulo de 90° também começou a ser utilizada. Em adição, um laminador com mandril, equipado com três cilindros sulcados possuindo direções de lamina-

ção que formam um ângulo de 120° e que possui o ângulo de redução de cadeiras adjacentes diferindo por 60°, também foi proposto.

De modo a aumentar a eficiência de operação em qualquer um dentre um laminador com mandril com 2 cilindros, 4 cilindros, ou 3 cilindros, em geral, um tipo de cilindros sulcados é utilizado, com ajuste para a laminação de alongamento de tubos mãe, feitos de vários tipos de aços, desde aços comuns até aço de liga, tal como aço inoxidável possuindo várias espessuras de parede.

Entretanto, se as condições da laminação de alongamento de um laminador com mandril não forem estabelecidas de forma adequada, a circunferência externa de um tubo mãe formado pela laminação de alongamento pode não se tornar suficientemente pequena ou ao invés disso, aumentar, levando à formação de cicatrizes cheias em excesso ou outros problemas de laminação causados pelo enchimento em excesso, o qual é um fenômeno no qual um tubo mãe é projetado dentro de um espaço entre as partes de flange dos cilindros sulcados. Em outros casos, a circunferência externa de um tubo mãe formado pelo rolamento de alongamento torna-se muito pequena, resultando na ocorrência de defeitos de retirada da barra do mandril ou na formação de orifícios no tubo mãe causados pelo enchimento a menos, o qual é um fenômeno no qual a superfície interna de um tubo mãe adere à barra de um mandril. Várias invenções foram propostas no passado de modo a resolver estes problemas.

Por exemplo, o Documento de Patente 1 descreve uma invenção na qual a laminação de alongamento em um laminador com mandril, de um tubo mãe fabricado principalmente de um aço de liga, tal como, aço inoxidável, é executada, de modo que a proporção de circunferência do sulco para a circunferência de um tubo mãe quente acabado no lado de saída do laminador é feita pelo menos 1,12 para a primeira cadeira, pelo menos 1,06 para a segunda cadeira, e pelo menos 1,02 para a terceira cadeira, por meio do que uma circunferência externa apropriada do tubo mãe no lado de saída do laminador com mandril é garantida e na parte final do tubo mãe, onde o enchimento a menos ocorre mais facilmente, um espaço adequado pode ser

formando entre a barra do mandril e o tubo mãe, de modo a impedir a ocorrência de enchimento a menos.

O Documento de Patente 2 descreve uma invenção na qual a laminação de alongamento em um laminador com mandril de um tubo mãe
5 feito principalmente de um aço de liga, tal como aço 13% Cr (nesta descrição, a não ser que de outro modo especificado, porcentagem significa porcentagem de massa), é executada de modo que a proporção da circunferência do sulco determinada pelo cilindros sulcados em cada uma dentre a primeira cadeira e a segunda cadeira, para a circunferência externa do tubo
10 mãe suportando a laminação de alongamento no laminador com mandril, é feita para estar em uma certa faixa, por meio do que, a ocorrência de enchimento a menos na parte final de um tubo mãe é impedido.

Documento de Patente 1: JP 2582705 B

Documento de Patente 2: JP 2003-10907 A1

15 Descrição da Invenção

Como resultado de investigação aplicada pelos presentes inventores, foi verificado que a invenção descrita pelo Documento de Patente 1 prescreve condições adequadas com respeito a um tubo mãe feito de um
20 aço de liga, tal como aço inoxidável, possuindo dimensões específicas. A saber, o enchimento em excesso ocorre se a laminação de alongamento for realizada para formar um tubo mãe com parede fina para o qual a proporção da espessura da parede para o diâmetro externo (proporção de espessura da parede/diâmetro externo) é no máximo 3% e o qual é feito de aço comum com um conteúdo de Cr de menos do que 1%, de acordo com as dimensões
25 da circunferência do sulco, do diâmetro externo do tubo mãe, e com outros parâmetros descritos pelo Documento de Patente 1. De modo a suprimir este enchimento em excesso, a laminação de alongamento geralmente é realizada enquanto se aplicando deformação entre cada cadeira, mas no caso de um tubo mãe com parede fina, para o qual a proporção de espessura de pa-
30 rede/diâmetro externo é no máximo 3%, se a deformação se tornar muito grande, facilmente se formam orifícios, e não é possível impedir tanto o enchimento em excesso como a formação de orifício de uma maneira estável.

Por consequência, com a invenção descrito pelo Documento de Patente 1, é necessário alterar os cilindros sulcados quando se trocando entre a laminação de alongamento para formar um tubo mãe feito de um aço de liga para a laminação e alongamento para formar um tubo mãe com pa-
5 rede fina feito de aço comum com uma proporção de espessura/diâmetro externo de no máximo 3%. Normalmente, na laminação de alongamento de tubo sem costura, os cilindros sulcados de um laminador de dimensionamen-
to são alterados cada vez que o diâmetro externo a ser terminado é alterado, mas de modo a realizar a invenção descrita pelo Documento de Patente 1,
10 em adição à substituição dos cilindros sulcados em um laminador de dimensionamento, é necessário para o laminador com mandril para laminação de alongamento se alterar os cilindros sulcados do laminador cada vez que existe uma alteração no tipo de aço ou da dimensão a ser acabada na lami-
nação de alongamento. De modo a reduzir o número de vezes que os cilin-
15 dros sulcados em um laminador com mandril são trocados para apenas uma vez, é necessário separadamente fabricar tubos de aço sem costuras para aço comum e para aço de liga mesmo quando o diâmetro externo é o mes-
mo, e o tempo requerido para alterar os cilindros sulcados em um laminador de dimensionamento é dobrado. De modo a impedir o tempo para trocar os
20 cilindros sulcados em um laminador de dimensionamento de aumentar, é necessário alterar os cilindros sulcados de um laminador com mandril para laminação de alongamento cada vez que o diâmetro a ser acabado se alte-
rar. Em qualquer caso, é necessário parar todo o processo de fabricação por um longo tempo, o que altamente diminui a produtividade.

25 A invenção descrita pelo Documento de Patente 2 descrita condições adequadas de laminação especificadas para um tubo mãe feito de um aço de liga tal como um aço com 13% de Cr possuindo dimensões específicas, de modo que ela tem problemas como estes da invenção descrita pelo Documento de Patente 1.

30 A presente invenção foi imaginada de acordo com os problemas da técnica anterior. Seu objetivo é proporcionar uma método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril que possa eficazmen-

te impedir a ocorrência de enchimento em excesso e de enchimento a menos utilizando uma combinação dos mesmos cilindros sulcados para tubos mãe de vários tipos de aço, tal como aço comum e aço de liga, e possuindo várias espessuras de parede.

5 A presente invenção é um método para realizar laminação de alongamento de um tubo mãe a partir de um corpo oco utilizando um laminador com mandril possuindo várias cadeiras, cada uma equipada com vários cilindros sulcados, caracterizado por estabelecer o diâmetro externo do corpo oco de modo que a proporção da circunferência externa do corpo oco
 10 para a circunferência acabada, a qual é a circunferência do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento, seja pelo menos 1,1, quando o conteúdo de Cr do tubo mãe é pelo menos 10%, ou menos do que 1,1, quando o conteúdo de Cr do tubo mãe é menos do que 10% e estabelecer o perfil do sulco de cilindros sulcados proporcionados em uma primeira cadeira e em
 15 uma segunda cadeira do laminador com mandril de modo que a circunferência do sulco na primeira cadeira, determinada pelos vários cilindros sulcados proporcionados na primeira cadeira, satisfaça a seguinte Equação 1, a circunferência do sulco na segunda cadeira, determinada pelos vários cilindros sulcados proporcionados na segunda cadeira, satisfaça a seguinte Equação
 20 2, e as circunferência dos sulcos na primeira cadeira e na segunda cadeira satisfaçam a seguinte Equação 3:

$$1,06 \leq \text{proporção da circunferência do sulco na primeira cadeira para a circunferência acabada} \leq 1,12... \quad (1)$$

$$25 \quad 1,05 \leq \text{proporção da circunferência do sulco na segunda cadeira para a circunferência acabada} \leq 1,10... \quad (2)$$

$$\text{circunferência do sulco na primeira cadeira} > \text{circunferência do sulco na segunda cadeira...} \quad (3)$$

De acordo com a presente invenção, tanto o enchimento em excesso como o enchimento a menos, podem ser eficazmente impedidos para
 30 tubos mãe feitos de vários tipos de aço, incluindo aço comum e aços de liga, e possuindo várias espessuras de parede, utilizando um tipo de combinação de cilindros sulcados sem alterar a combinação de cilindros sulcados de a-

cordo com o tipo de aço e com outros fatores. Como resultado, é garantido que a ocorrência de cicatrizes de enchimento em excesso, causadas pelo enchimento em excesso, e os defeitos de retirada e as cicatrizes causadas pelo enchimento a menos possam ser eficaz e economicamente impedidos.

5 Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1(a) é um gráfico apresentando um modelo de comportamento quando um tubo mãe feito de um aço de liga é formado pela laminação de alongamento, a Figura 1(b) é um gráfico apresentando um modelo de comportamento quando um tubo mãe feito de um aço de liga é formado por laminação de alongamento quando a circunferência do sulco de cilindros sulcados é estabelecida para um valor maior baseado na técnica anterior, e a Figura 1(c) é um gráfico apresentando um modelo de comportamento quando um tubo mãe feito de aço comum é formado pela laminação de alongamento. A deformação axial na abscissa do gráfico apresentada em cada uma das Figuras 1(a) até 1(c) é o valor expresso por $[\ln(\text{comprimento do tubo mãe após laminação de alongamento}/\text{comprimento do tubo mãe antes da laminação de alongamento})]$.

A Figura 2 é um gráfico apresentando a variação no diâmetro externo e na deformação axial de um tubo mãe, a partir do lado de entrada até o lado de saída de uma cadeira, quando a laminação de alongamento foi realizada sob as mesmas condições que para a Figura 1(a), exceto que o diâmetro externo do tubo mãe foi estabelecido para um valor maior de 102 mm.

A Figura 3 apresenta vistas explicativas para explicar a definição de circunferência de sulco, nas quais, a Figura 3(a) é uma vista em seção transversal vertical esquematicamente apresentando uma parte de um cilindro sulcado proporcionado em um laminador com mandril com 2 cilindros, e a Figura 3(b) é uma vista em seção transversal vertical esquematicamente apresentando uma parte de um cilindro sulcado proporcionado em um laminador com mandril com 3 cilindros.

A Figura 4 é um gráfico apresentando um exemplo dos resultados de um teste de laminação de alongamento.

A Figura 5 é um gráfico apresentando um exemplo dos resultados de um teste de laminação de alongamento.

A Figura 6 é uma tabela apresentando os resultados de exemplos de um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril de acordo com a presente invenção e exemplos comparativos.

Melhor Modo para Realizar a Invenção

Abaixo, o melhor modo para realizar um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril de acordo com a presente invenção será explicado enquanto se referindo aos desenhos anexos.

Primeiro, o princípio da presente invenção será explicado.

A Figura 1(a) é um gráfico apresentando um modelo de comportamento quando um tubo mãe feito de um aço de liga passou pela laminação de alongamento, a Figura 1(b) é um gráfico apresentando um modelo de comportamento quando um tubo mãe feito de um aço de liga passou por uma laminação de alongamento quando a circunferência do sulco de cilindros sulcados foi estabelecida para um valor maior baseado na técnica anterior, e a Figura 1(c) é um gráfico apresentando um modelo o comportamento quando um tubo mãe feito de aço comum passou pela laminação de alongamento. A deformação axial na abscissa dos gráficos apresentados nas Figuras 1(a) até 1(c) é o valor expresso por $[\ln(\text{comprimento do tubo mãe após a laminação de alongamento}/\text{comprimento do tubo mãe antes da laminação de alongamento})]$.

O mecanismo pelo qual o enchimento em excesso ocorre com um tubo mãe feito de aço comum apesar de ser possível impedir o enchimento a menos com um tubo mãe feito de um aço de liga específico baseado na técnica anterior do Documento de Patente 1 e similares, será explicado utilizando os modelos apresentados na Figura 1.

O gráfico apresentado na Figura 1(a) apresenta a variação no diâmetro externo e na deformação axial de um tubo mãe a partir do lado de entrada até o lado de saída de uma cadeira possuindo cilindros sulcados com uma circunferência de sulco correspondendo a um diâmetro interno de 98 mm (apresentado pelas linhas tracejadas na figura) quando a laminação

de alongamento foi realizada em um corpo oco feito de um aço de liga com um diâmetro externo de 100 mm até que a deformação axial no lado de saída da cadeira alcançou 0,3. Se a soma do diâmetro externo da barra do mandril com duas vezes a espessura da parede do tubo mãe no lado de saída da cadeira for feita 96 mm, o diâmetro externo do tubo mãe no lado de saída da cadeira (onde a deformação axial = 0,3) se torna aproximadamente 96 mm, o que é aproximadamente igual à soma descrita acima, de modo que ocorre o enchimento a menos.

O gráfico apresentado na Figura 1(b) apresenta a variação no diâmetro externo e na deformação axial de um tubo mãe a partir do lado de entrada até o lado de saída de uma cadeira quando a laminação de alongamento foi realizada sob as mesmas condições que para a Figura 1(a), exceto que a circunferência do sulco dos cilindros sulcados foi estabelecida para um valor maior correspondendo a um diâmetro interno de 99 mm apresentado pela linha tracejada na figura de acordo com a técnica anterior. Neste caso, o gráfico apresentado na Figura 1(a) se move na direção apresentada pelas setas na figura, e o diâmetro externo do tubo mãe no lado de saída da cadeira (onde a deformação axial = 0,3) se torna aproximadamente 97 mm. Como resultado, existe margem suficiente com respeito à soma descrita acima (96 mm) e o enchimento a menos pode ser impedido.

O gráfico apresentado na Figura 1(c) apresenta a variação no diâmetro externo e na deformação axial de um tubo mãe a partir do lado de entrada até o lado de saída de uma cadeira quando a laminação de alongamento foi realizada sob as mesmas condições que para a Figura 1(a), exceto que o tubo mãe foi feito de aço comum. Neste caso, o diâmetro externo do tubo mãe no lado de saída da cadeira (onde a deformação axial = 0,3) se torna aproximadamente 97,5 mm. Por consequência, existe margem suficiente com respeito à soma descrita acima (96 mm), e o enchimento a menos não se desenvolve.

Para um tubo mãe feito de aço comum exibindo comportamento como este apresentado na Figura 1(c), se a circunferência do sulco de cilindros sulcados for um valor grande correspondendo a um diâmetro interno de

99 mm da mesma maneira que na Figura 1(b), o gráfico apresentando o comportamento se move para cima da mesma maneira que na Figura 1(b), de modo que o diâmetro externo do tubo mãe no lado de saída da cadeira (onde a deformação axial = 0,3) se torna muito grande, e existe possibilidade de enchimento em excesso ocorrendo.

Assim, se cada um dentre um tubo mãe feito de um aço de liga e um tubo mãe feito de aço comum passar pela laminação de alongamento utilizando cilindros sulcados possuindo uma circunferência do cilindro correspondendo a um diâmetro interno de 98 mm, o enchimento a menos se desenvolve para o tubo mãe feito de um aço de liga. Se a circunferência do sulco dos cilindros sulcados for estabelecida para um valor grande correspondendo a um diâmetro interno de 99 mm de modo a impedir este enchimento a menos, o enchimento em excesso se desenvolve para o tubo mãe feito de aço comum.

Desta maneira, o mecanismo pelo qual o enchimento a menos de um tubo mãe feito de um aço de liga pode ser impedido por se estabelecer a circunferência do sulco de cilindros sulcados para um valor grande é explicado pelo modelo de comportamento que foi explicado enquanto se referindo à Figura 1(a) e à Figura 1(b). O mecanismo pelo qual o enchimento em excesso se desenvolve com um tubo mãe feito de aço comum quando a circunferência do sulco de cilindros sulcados é estabelecida para um valor grande da maneira descrita acima é explicado pelo modelo apresentando o comportamento explicado enquanto se referindo à Figura 1(c).

A Figura 2 é um gráfico apresentando a variação no diâmetro externo e na deformação axial de um tubo mãe a partir do lado de entrada até o lado de saída de uma cadeira quando a laminação de alongamento foi realizada sob as mesmas condições que para a Figura 1(a), exceto que o diâmetro externo do tubo mãe foi estabelecido para um valor maior de 102 mm.

Da mesma maneira que descrita acima, no modelo de comportamento para um aço de liga apresentado na Figura 1(a), o enchimento a menos pode ser impedido por se estabelecer o diâmetro externo de um tubo

mãe para um valor grande como no modelo apresentado na Figura 2, ao invés de por estabelecer a circunferência do sulco de cilindros sulcados para um tubo mãe para um valor grande como apresentado na Figura 1(b).

5 Como apresentado na Figura 2, se o diâmetro externo de um tubo mãe for estabelecido para um valor grande, o mesmo comportamento é exibido como se o gráfico apresentado na Figura 1(a) fosse movido para cima, e o diâmetro externo de um tubo mãe no lado de saída da cadeira (onde a deformação axial = 0,3) se torna aproximadamente 97 mm. Por consequência, existe margem suficiente com respeito à soma descrita acima (96
10 mm), e o enchimento a menos é impedido.

A presente invenção foi alcançada baseado no fato de que o enchimento a menos pode ser impedido por se estabelecer o diâmetro externo de um corpo oco para um valor grande como apresentado pelo gráfico na Figura 2. No modelo apresentado na Figura 2, não é necessário variar a circunferência do sulco de um cilindro sulcado, e o enchimento em excesso
15 pode ser impedido com cilindros sulcados possuindo a mesma circunferência de sulco correspondendo a um diâmetro interno de 98 mm mesmo para um tubo mãe feito de aço comum que exhibe o comportamento apresentado na Figura 1(c). Em outras palavras, se o diâmetro externo de um corpo oco
20 que passa pela laminação de alongamento em um laminador com mandril for de forma adequada variado dependendo do tipo de aço particular e do tamanho utilizando métodos conhecidos, tal como variar a configuração de um perfurador ou utilizar um dispositivo de dimensionamento de corpo, uma única combinação de cilindros sulcados pode ser empregada sem produzir
25 enchimento a menos de um tubo mãe feito de aço de liga ou enchimento em excesso de um tubo mãe feito de aço comum.

Os gráficos apresentando os modelos de comportamento de laminação na Figura 1 e na Figura 2 foram graficamente representados baseado no conceito descrito abaixo. O processo de deformação de um tubo mãe
30 pode ser dividido em uma "etapa de trabalho do diâmetro externo", a partir de quando a superfície periférica externa do tubo mãe primeiro entra em contato com os cilindros sulcados até ela seja reduzida entre os cilindros

sulcados e a barra do mandril (até que o diâmetro externo do tubo mãe se torne igual ao diâmetro interno dos cilindros sulcados) e uma "etapa de trabalho da espessura da parede", na qual o tubo mãe é reduzido entre os cilindros sulcados e a barra do mandril.

5 O gráfico apresentado pelo segmento de linha A1B1 na Figura 1(a) corresponde ao comportamento na etapa de trabalho do diâmetro externo. Independente do tipo de aço, o diâmetro externo do tubo mãe, isto é, a circunferência externa é diminuída à medida que o tubo mãe é forçado para o interior pelo perfil de sulco dos cilindros sulcados. De forma similar, o

10 gráfico apresentado pelo segmento de linha A2B2 na Figura 1(b), o gráfico apresentado pelo segmento de linha A3B3 na Figura 1(c) e o gráfico apresentado pelo segmento de linha A4B4 na Figura 2 correspondem ao comportamento na etapa de trabalho do diâmetro externo. Como descrito acima, o comportamento na etapa de trabalho do diâmetro externo não depende do

15 tipo de aço, de modo que cada um dos gráficos possui a mesma inclinação.

O gráfico apresentado pelo segmento de linha B1C1 na Figura 1(a) corresponde ao comportamento na etapa de trabalho da espessura da parede. O tubo mãe não é forçado para o interior pelo perfil de sulco dos cilindros sulcados, mas na parte do tubo mãe na qual a redução direta não

20 acontece entre os cilindros sulcados e a barra do mandril, à medida que a quantidade de alongamento aumenta e o tubo mãe alonga, a deformação por deformação se desenvolve resultando em uma diminuição no diâmetro externo, isto é, a circunferência externa. De forma similar, o gráfico apresentado pelo segmento de linha B2C2 na Figura 1(b), o gráfico apresentado pelo

25 segmento de linha B3C3 na Figura 1(c) e o gráfico apresentado pelo segmento de linha B4C4 na Figura 2 correspondem ao comportamento na etapa de trabalho da espessura da parede. A alteração no diâmetro externo em relação à alteração na quantidade de alongamento, isto é, a alteração na deformação axial na etapa de trabalho da espessura da parede, a saber, o

30 valor absoluto da inclinação de cada gráfico, depende do tipo de aço. Como resultado, existe uma tendência de que a quantidade de deformação seja maior para um tubo mãe feito de um aço de liga. Por conseqüência, o gráfico

apresentado pelo segmento de linha B1C1 na Figura 1(a), o gráfico apresentado pelo segmento de linha B2C2 na Figura 1(b) e o gráfico apresentado pelo segmento de linha B4C4 na Figura 2 são todos graficamente representados com a mesma inclinação, mas o gráfico apresentado pelo segmento de linha B3C3 na Figura 1(c) é graficamente representado com uma inclinação possuindo um valor absoluto menor do que os outros gráficos.

Os gráficos da Figura 1 e da Figura 2 apresentando modelos de comportamento são graficamente representados baseado neste princípio. Como declarado acima, eles associam os resultados de testes reais de laminação realizados pelos presentes inventores.

A presente invenção foi completada por se utilizar estes princípios e especificando vários parâmetros nas condições de laminação de alongamento pelas Equações 1 até 3 descritas acima. A presente invenção não está limitada à aplicação junto a um laminador com mandril com 2 cilindros, e ela pode ser aplicada da mesma maneira junto a um laminador com mandril com 3 cilindros ou com 4 cilindros. Na presente invenção, a "circunferência acabada" significa a circunferência externa de um tubo mãe no lado de saída de uma cadeira de acabamento.

A seguir, o significado de "circunferência do sulco" na presente invenção será explicado enquanto se referindo à Figura 3.

A Figura 3 apresenta vistas explicativas para explicar a definição de circunferência de sulco. A Figura 3(a) é uma vista em seção transversal vertical esquematicamente apresentando uma parte de um cilindro sulcado proporcionado em um laminador com mandril com 2 cilindros, e a Figura 3(b) é uma vista em seção transversal vertical esquematicamente apresentando uma parte de um cilindro sulcado proporcionado em um laminador com mandril com 3 cilindros.

Como apresentado na Figura 3(a), o perfil do sulco P de um cilindro sulcado 1 proporcionado em um laminador com mandril geralmente possui um formato que é uma combinação de três arcos. É uma curva com simetria esquerda e direita possuindo uma linha reta conectando a parte de baixo do sulco B com o centro do sulco O como um eixo geométrico de si-

metria. O perfil em um lado possui um formato formado por continuamente combinar um arco com um raio $R1$ com um ângulo central $\alpha2$ (referido abaixo como arco $R2$), e um arco com um raio $R3$ com um ângulo central $\alpha3$ (referido abaixo como arco $R3$). Pegando um arco com um raio $R4$ e um ângulo central $\alpha4$, que é tangente ao ponto de junção do arco $R2$ com o arco $R3$ em uma extremidade, e que na outra extremidade é perpendicular à linha reta L , a qual forma um ângulo de 90° com respeito à linha reta conectando a parte de baixo do sulco B com o centro do sulco, a circunferência do sulco é definida como $4(R1\alpha1 + R2\alpha2 + R4\alpha4)$.

10 Como apresentado na Figura 3(b), da mesma maneira que para o laminador com mandril com 2 cilindros descrita acima, o perfil do sulco P de um cilindro sulcado 1 proporcionado em um laminador com mandril com 3 cilindros geralmente possui um formato formado por se combinar três arcos $R1$, $R2$ e $R3$. Pegando um arco com um raio $R4$ e um ângulo central $\alpha4$ que é tangente ao ponto de junção do arco $R2$ e do arco $R3$ em uma extremidade e que, na outra extremidade, é perpendicular à linha reta L , a qual forma um ângulo de 60° com respeito a uma linha reta conectando a parte de baixo do sulco B com o centro do sulco O , a circunferência do sulco é definida como $6(R1\alpha1 + R2\alpha2 + R4\alpha4)$.

20 A definição da circunferência do sulco para qualquer número de cilindro sulcados pode ser generalizada como se segue. Se o número de cilindros sulcados proporcionados em cada cadeira de um laminador com mandril for n ($n = 2$ no caso de um laminador com mandril com 2 cilindros, $n = 3$ no caso de um laminador com mandril com 3 cilindros, e $n = 4$ no caso de um laminador com mandril com 4 cilindros), então, a circunferência do sulco é definida como $2n(R1\alpha1 + R2\alpha2 + R4\alpha4)$, onde $R4$ e $\alpha4$ são o raio e o ângulo central, respectivamente, de um arco que é tangente ao ponto de junção do arco $R2$ com o arco $R3$ em uma extremidade e, na outra extremidade, é perpendicular a uma linha reta L que forma um ângulo de $180/n$ ($^\circ$) com respeito a uma linha reta conectando a parte de baixo do sulco B com o centro do sulco O .

Na explicação acima, foi dado um exemplo do caso no qual o

perfil do sulco P de um cilindro sulcado 1 possui um formato formado por continuamente combinar dois arcos convexos voltados para o exterior R1 e R2 (os quais estão voltados para longe do centro do sulco O) e um arco convexo voltado para o interior R3 (o qual está voltado em direção do centro do sulco O). Entretanto, a presente invenção não está limitada a este formato de perfil de sulco, e o perfil do sulco pode ter um formato formado por continuamente combinar um arco convexo voltado para o exterior ou três ou mais arcos convexos voltados para o exterior com raios diferentes com um arco convexo voltado para o interior. Em adição, o arco convexo voltado para o interior pode ser formado por continuamente combinar vários arcos com raios diferentes. Adicionalmente, um formato de linha reta pode ser utilizado ao invés de um arco convexo voltado para o interior. Generalizando a definição da circunferência de sulco de qualquer formato de cilindro sulcado 1, se o comprimento circunferencial da parte de um ou mais arcos convexos voltados para o exterior a partir da parte de baixo do sulco B até o ponto de junção com o arco convexo voltado para o interior (ou linha reta) for feito LO, quando os arcos convexos voltados para o exterior possuem os dois arcos R1 e R2 descritos acima, então $LO = R1\alpha1 + R2\alpha2$. Neste caso, a circunferência do sulco é definida como $2n(LO + R4\alpha4)$, onde R4 e $\alpha4$ são o raio e o ângulo central, respectivamente, de um arco que é tangente ao ponto de junção do arco R2 com o arco R3 em uma extremidade e, na outra extremidade, é perpendicular a uma linha reta L que forma um ângulo de $180/m$ (°) com respeito a uma linha reta conectando a parte de baixo do sulco B com o centro do sulco O.

Adicionalmente, em um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril de acordo com a presente invenção, o perfil de sulco de cilindros sulcados proporcionados na terceira cadeira do laminador com mandril, de preferência é estabelecido de modo que a circunferência do sulco na terceira cadeira, determinado pelos vários cilindros sulcados proporcionados na terceira cadeira, satisfaça a Equação 4 seguinte e as circunferências de sulco na segunda cadeira e na terceira cadeira satisfaçam a Equação 5 seguinte. Aqui, a circunferência acabada significa a circun-

ferência de um tubo mãe na conclusão da laminação de alongamento:

$1,02 \leq$ proporção de circunferência do sulco no 3ª cadeira para a circunferência acabada $\leq 1,07$ (4)

5 circunferência do sulco na 2ª cadeira $>$ circunferência do sulco na 3ª cadeira... (5)

A seguir, o melhor modo para realizar um método de laminação de alongamento utilizando um laminador com mandril de acordo com a presente invenção será explicado enquanto se referindo às figuras anexas.

10 Um teste de laminação de alongamento foi realizado de modo a determinar um tipo de combinação de cilindros sulcados que pode ser utilizada para um tubo mãe de um aço de liga sem causar enchimento a menos e para um tubo mãe de aço comum sem causar enchimento em excesso por ajustar o diâmetro externo de um corpo oco. Neste teste de laminação de alongamento, aço inoxidável foi utilizado como um aço de liga possuindo um

15 conteúdo de CR de pelo menos 10%. Para este aço, a circunferência externa do corpo oco foi estabelecida de modo que a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência acabada, a qual é a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento, foi pelo menos, 1, 1. Um tubo mãe com parede fina com uma proporção de

20 espessura de parede/diâmetro externo de no máximo 3% foi utilizado como um tubo mãe de aço comum com um conteúdo de Cr de menos do que 10%. Para este aço, a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência acabada foi estabelecida para menos do que 1, 1. Para cada

25 aço, o valor de proporção de circunferência de sulco para a circunferência acabada, para a primeira cadeira, e a proporção de circunferência do sulco para a circunferência acabada, para a segunda cadeira, foi variado.

A Figura 4 é um gráfico apresentando um exemplo dos resultados deste teste de laminação de alongamento. No gráfico apresentado na

30 Figura 4, X indica um tubo mãe com o qual o enchimento a menos ou o enchimento em excesso de se desenvolveu, e O (círculo) indica um tubo mãe que não desenvolveu enchimento a menos ou enchimento em excesso.

Como apresentado no gráfico da Figura 4, para um tubo mãe

feito de aço inoxidável, se a proporção de circunferência do sulco (abreviada como G.C. na Figura) para a circunferência acabada (G.C acabada) para a primeira cadeira (cadeira nº 1) for menos do que 1,06, o enchimento a menos se desenvolve na segunda cadeira, e quando a proporção de circunferência do sulco para a circunferência acabada para a segunda cadeira (cadeira nº 2) é menos do que 1,05, o enchimento a menos se desenvolve na terceira cadeira. Por outro lado, para o tubo mãe com parede fina, feito de aço comum, se a proporção de circunferência de sulco para circunferência acabada para a primeira cadeira for maior do que 1,12, o enchimento em excesso se desenvolve na segunda cadeira, e se a proporção de circunferência de sulco para circunferência acabada para a segunda cadeira for maior do que 1,10, o enchimento em excesso se desenvolve na terceira cadeira.

Quando a circunferência do sulco na primeira cadeira é menor ou igual à circunferência do sulco na segunda cadeira, a circunferência externa do tubo mãe não pode ser ajustada na segunda cadeira, e ela se torna fácil para o enchimento a menos ou para o enchimento em excesso se desenvolver. Também existem casos nos quais o enchimento em excesso ocorre na terceira cadeira.

Baseado nos resultados do teste apresentados no gráfico da Figura 4, pode ser visto que por estabelecer o diâmetro externo de um corpo oco de modo que a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência acabada, a qual é a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento, seja pelo menos 1,1 quando o tubo mãe possui um conteúdo de Cr de pelo menos 10% e estabelecer o diâmetro externo de um corpo oco de modo que a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência acabada, a qual é a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento, seja menos de 10%, a laminação pode ser executada com uma única combinação de cilindros sulcados sem alterar a combinação de acordo com o conteúdo de Cr de um tubo mãe, contanto que as condições prescritas sejam satisfeitas.

O diâmetro externo de um corpo oco pode ser de forma adequada ajustado por métodos conhecidos como estes descritos na JP H08-71615 A1, JP 2002-11507 A1 e similares.

Em um método de laminação com laminador com mandril de acordo com esta modalidade, particularmente na segunda cadeira e na terceira cadeira, onde o enchimento a menos e o enchimento em excesso podem facilmente ocorrer, o enchimento a menos e o enchimento em excesso podem ser impedidos de forma eficaz com uma única combinação de cilindros sulcados. Entretanto, como um modo mais preferido, de modo a impedir a ocorrência de enchimento a menos e de enchimento em excesso com segurança igualmente na quarta cadeira, um teste de laminação foi realizado em cada tubo mãe, com o qual, os resultados do teste apresentados na Figura 4 foram obtidos enquanto variando a proporção de circunferência do sulco para a circunferência acabada para a terceira cadeira.

A Figura 5 é um gráfico apresentando um exemplo dos resultados deste teste de laminação. Na Figura 5, X indica tubos mãe com os quais o enchimento a menos ou o enchimento em excesso se desenvolveu, Δ (triângulo) indica tubos mãe que possuíam uma tendência ao enchimento a menos ou ao enchimento em excesso, e O (círculo) indica tubos mãe com os quais nem o enchimento a menos nem o enchimento em excesso se desenvolveu.

Como apresentado no gráfico da Figura 5, tubos mãe feitos de aço inoxidável possuíam alguma coisa de uma tendência a desenvolver o enchimento a menos na quarta cadeira se a proporção de circunferência de sulco para circunferência acabada na terceira cadeira (cadeira nº 3) fosse menos do que 1,02, e os tubos mãe com parede fina feitos de aço comum possuíam alguma tendência em enchimento em excesso na quarta cadeira se a proporção de circunferência de sulco para circunferência acabada na terceira cadeira fosse maior do que 1,07. Quando a circunferência do sulco na segunda cadeira (cadeira nº 2) era menor ou igual à circunferência do sulco na terceira cadeira, a circunferência externa do tubo mãe na terceira cadeira não pode ser ajustada, e se torna fácil para o enchimento a menos

ou para o enchimento em excesso se desenvolver. Também existem casos nos quais o enchimento em excesso ocorre na quarta cadeira.

A partir do gráfico apresentado na Figura 5, pode ser visto que o perfil de sulco dos cilindros sulcados proporcionados na terceira cadeira, de preferência é estabelecido de modo que a circunferência do sulco na terceira cadeira que é determinada pelo vários cilindros sulcados proporcionados na terceira cadeira satisfaça a Equação 4 ($1,02 \leq \text{circunferência do sulco na 3}^{\text{a}} \text{ cadeira/circunferência acabada} \leq 1,07$) e de modo que, a circunferência do sulco, na segunda cadeira e na terceira cadeira, satisfaça a Equação 5 (circunferência do sulco na 2^{a} cadeira $>$ circunferência do sulco no 3^{a} cadeira).

Por satisfazer a Equação 4 e a Equação 5, a ocorrência de enchimento a menos e de enchimento em excesso na quarta cadeira pode ser impedida com certeza.

Exemplos

Uma explicação mais detalhada será dada enquanto se referindo aos exemplos da presente invenção e aos exemplos comparativos.

Exemplos

Como apresentado na tabela na Figura 6, um teste de laminação de alongamento foi executado utilizando corpos ocos feitos de aço com 13% de Cr possuindo um diâmetro externo de 300 mm, uma espessura de parede de 20 mm e um comprimento de 6.000 mm (somente o valor do diâmetro externo é apresentado na tabela), os quais foram sujeitos à laminação de alongamento em um laminador com mandril com 2 cilindros possuindo 5 cadeiras para produzir tubos mães possuindo o tamanho no lado de saída do laminador com mandril com um diâmetro externo de 270 mm (circunferência acabada = $270 \times \pi$ mm) e uma espessura de 10 mm (Exemplos 1-1, 2-1 e 3-1). Em adição, também como apresentado na tabela da Figura 6, outro teste de laminação de alongamento foi executado utilizando corpos ocos feitos de aço carbono, aço com 9% de Cr, ou aço com 5% de Cr com um diâmetro externo de 295 mm, uma espessura de parede de 19 mm e um comprimento de 6.000 mm (somente o valor do diâmetro externo é apresentado na tabela), os quais foram sujeitos à laminação de alongamento em um laminador

com mandril com 2 cilindros possuindo 5 cadeiras para produzir tubos mãe possuindo o tamanho no lado de saída do laminador com mandril com um diâmetro externo de 270 mm (circunferência acabada = $270 \times \pi$ mm) e uma espessura de 7 mm (Exemplos 1-2, 1-3, 1-4, 2-2 e 3-2).

5 As circunferências de sulco S1 até S3, na primeira cadeira até a terceira cadeira, estabelecidas para cada condição, foram como apresentadas na tabela da Figura 6. Os exemplos 1-1 até 1-4, os Exemplos 2-1 e 2-2, e os Exemplos 3-1 e 3-2 possuíam a mesma circunferência de sulco (eles utilizaram a mesma combinação de cilindros sulcados). Na tabela apresentada na Figura 6, os números apresentados na coluna para "corpo/acabado" são os valores da circunferência externa do corpo oco divididos pela circunferência acabada.

Exemplo Comparativo

15 Um teste de laminação foi realizado sob as mesmas condições que para os exemplos, exceto que o valor (proporção) de (circunferência externa do corpo oco/circunferência acabada) e os valores estabelecidos das circunferências de sulco S1 até S3 na primeira cadeira até a terceira cadeira foram variados. A saber, para um corpo oco com um diâmetro externo de 300 mm, uma espessura de 20 mm, e um comprimento de 6.000 mm, a laminação foi realizada utilizando um laminador com mandril com 2 cilindros possuindo 5 cadeiras para produzir um tubo mãe com um diâmetro externo de 270 mm (circunferência acabada = $270 \times \pi$ mm) e uma espessura de parede de 10 mm no lado de saída do laminador com mandril (Exemplos Comparativos 1-1, 1-4, 2-1, 2-4, 3-2, 3-3, 3-4, 4-2 e 5-2). Para um corpo oco, com um diâmetro externo de 295 mm, uma espessura de 19 mm e um comprimento de 6.000 mm, a laminação foi realizada com um laminador com mandril com 2 cilindros, possuindo 5 cadeiras, para produzir um tubo mãe com um diâmetro externo de 270 mm (circunferência acabada = $270 \times \pi$ mm) e uma espessura de parede de 7 mm no lado de saída do laminador com mandril (Exemplos Comparativos 1-2, 1-3, 2-2, 2-3, 3-1, 4-1, e 5-1). As circunferências de sulco S1 até S3 na primeira cadeira até a terceira cadeira para cada condição foram como apresentadas na tabela da Figura 6. Os E-

xemplos Comparativos 1-1 até 1-4, Exemplos Comparativos 2-1 até 2-4, os Exemplos Comparativos 3-1 até 3-4, os Exemplos Comparativos 4-1 e 4-2, e os Exemplos Comparativos 5-1 r 5-2 empregaram a mesma circunferência de sulco e utilizaram a mesma combinação de cilindros sulcados.

5 Resultados do Teste

Nos exemplos comparativos, pelo menos um dentre os tubos mãe com um conteúdo de Cr de pelo menos 10% (aço com 13% de Cr) ou tubos mãe com um conteúdo de Cr de menos do que 10% (aço com 9% de Cr, aço com 5% de Cr, e aço carbono), possuía cicatrizes ocorrendo em uma taxa excedendo a 4%. Em contraste, nos exemplos da presente invenção, tanto os tubos mãe com u conteúdo de Cr de pelo menos 10% (aço com 13% de Cr) como tubos mãe com um conteúdo de Cr de menos do que 10% (aço com 9% de Cr, aço com 5% de Cr, e aço carbono) quase não tinham ocorrência de cicatrizes apesar de serem laminados utilizando a mesma combinação de cilindros sulcados.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de laminação de alongamento de um tubo mãe a partir de um corpo oco utilizando um laminador com mandril possuindo várias cadeiras, cada uma proporcionada com vários cilindros sulcados, caracterizado por

estabelecer o diâmetro externo do corpo oco de modo que a proporção da circunferência externa do corpo oco para a circunferência acabada, a qual é a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída de uma cadeira de acabamento, seja pelo menos 1,1, quando o tubo mãe possui um conteúdo de Cr de pelo menos 10% da massa, ou ele seja menos do que 1,1, quando o conteúdo de Cr do tubo mãe é menos do que 10% da massa, e

estabelecer o perfil do sulco de cilindros sulcados proporcionados em uma primeira cadeira e em uma segunda cadeira do laminador com mandril, de modo que a circunferência do sulco na primeira cadeira, que é determinada pelos vários cilindros sulcados proporcionados na primeira cadeira, satisfaça a seguinte Equação 1, a circunferência do sulco na segunda cadeira, que é determinada pelos vários cilindros sulcados proporcionados na segunda cadeira, satisfaça a seguinte Equação 2, e as circunferências de sulcos na primeira cadeira e na segunda cadeira satisfaçam a seguinte Equação 3:

$1,06 \leq \text{proporção da circunferência do sulco na } 1^{\text{a}} \text{ cadeira para a circunferência acabada} \leq 1,12...$ (1)

$1,05 \leq \text{proporção da circunferência do sulco na } 2^{\text{a}} \text{ cadeira para a circunferência acabada} \leq 1,10...$ (2)

$\text{circunferência do sulco na } 1^{\text{a}} \text{ cadeira} > \text{circunferência do sulco na } 2^{\text{a}} \text{ cadeira}...$ (3).

2. Método de laminação de alongamento, de acordo com a reivindicação 1, utilizando um laminador com mandril, caracterizado pelo fato de que o perfil de sulco de cilindros sulcados proporcionados em uma terceira cadeira do laminador com mandril é estabelecido de modo que a circunferência de sulco na terceira cadeira, a qual é determinada por vários cilindros

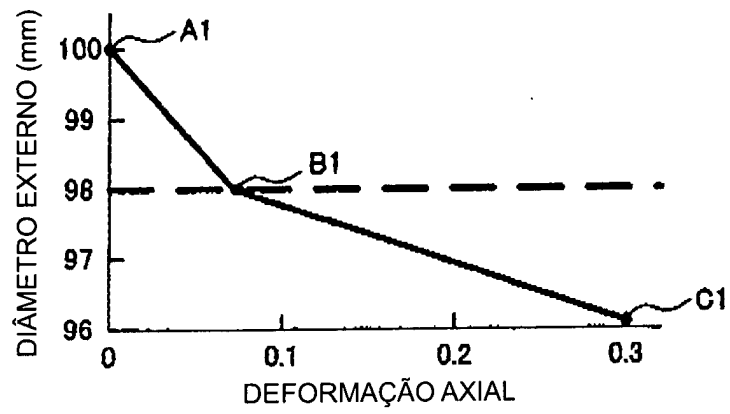
sulcados proporcionados na terceira cadeira, satisfaça a Equação 4 seguinte, e as circunferências de sulco na segunda cadeira e na terceira cadeira satisfaçam a Equação 5 seguinte:

5 $1,02 \leq \text{proporção de circunferência do sulco no } 3^{\text{a}} \text{ cadeira para a circunferência acabada} \leq 1,07 \dots$ (4)

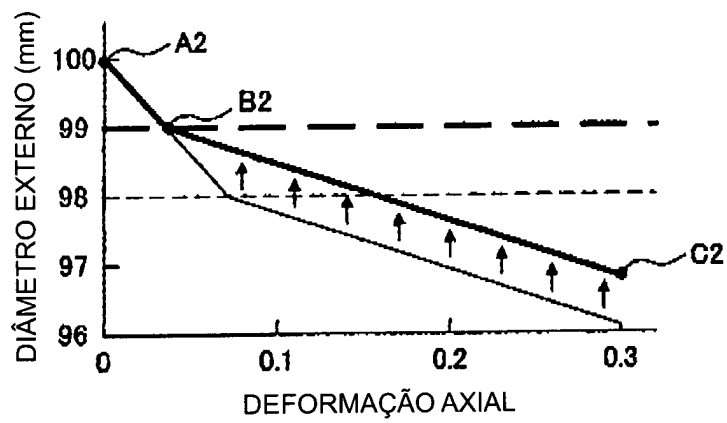
$\text{circunferência do sulco no } 2^{\text{a}} \text{ cadeira} > \text{circunferência do sulco no } 3^{\text{a}} \text{ cadeira} \dots$ (5)

Fig. 1

(a)



(b)



(c)

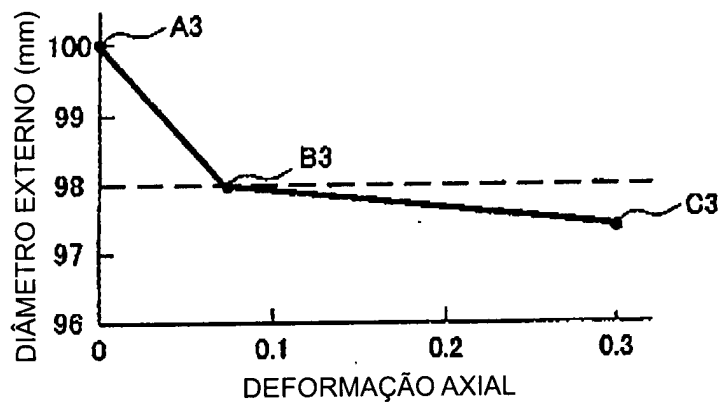


Fig. 2

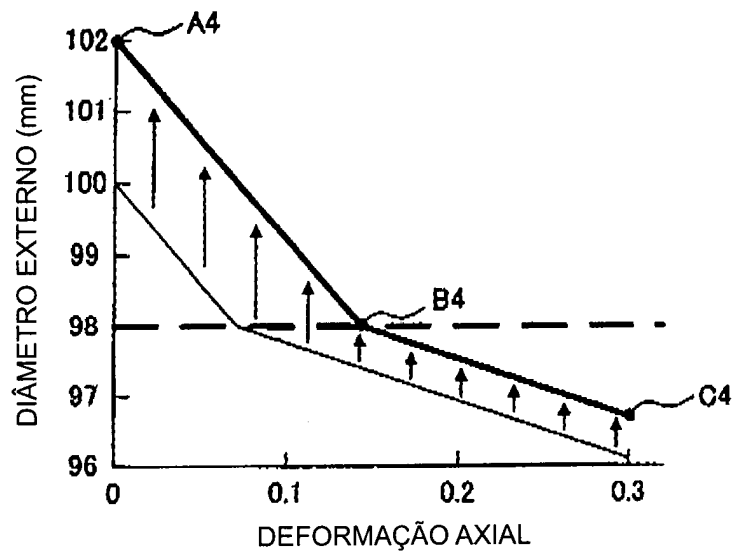
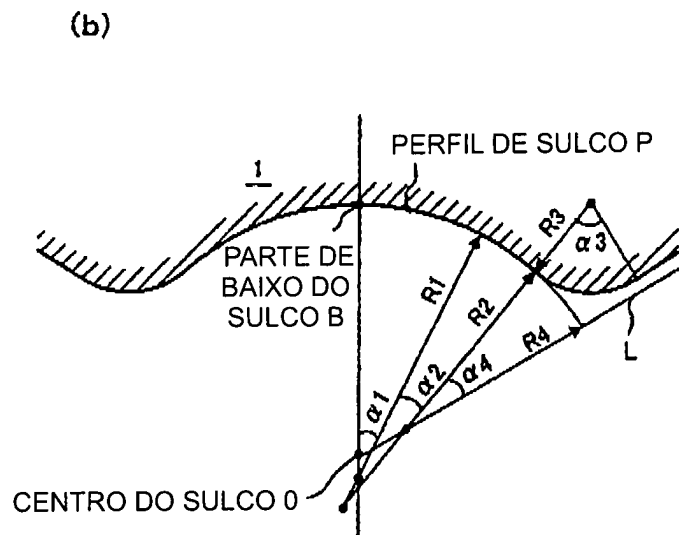
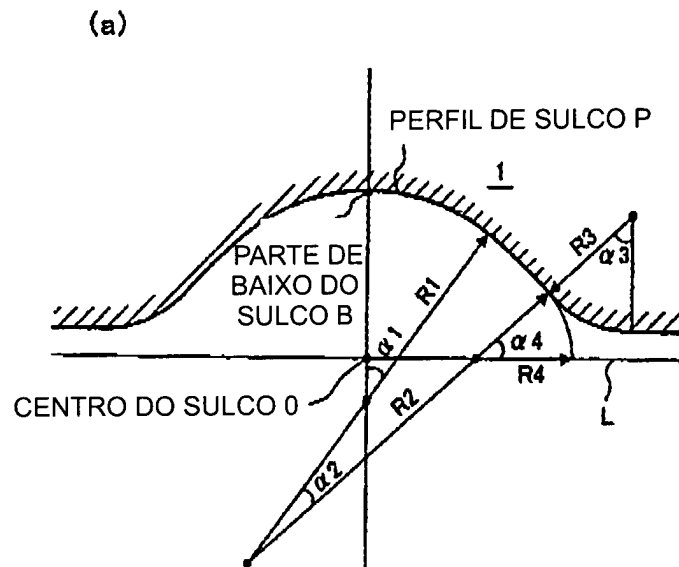


Fig. 3



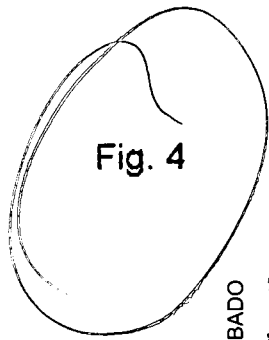


Fig. 4

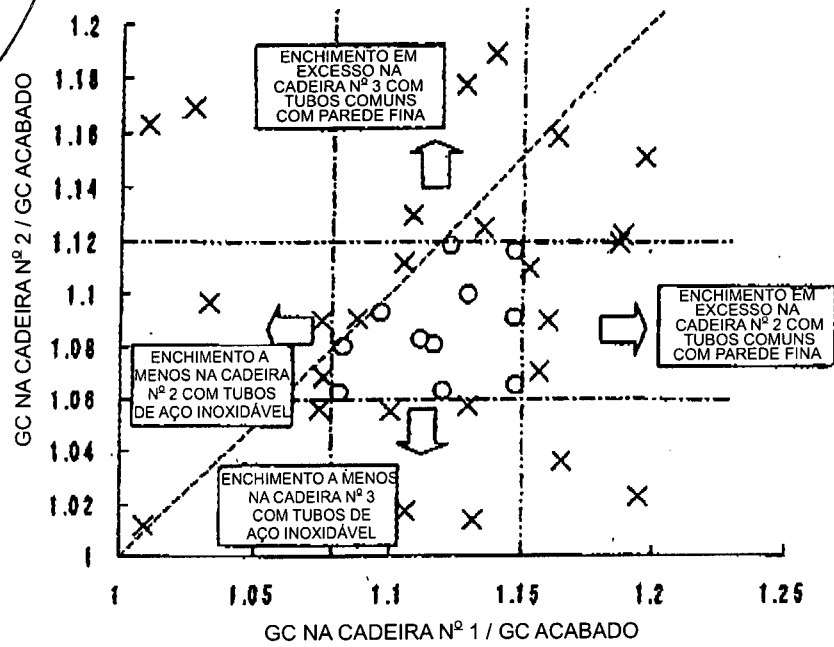


Fig. 5

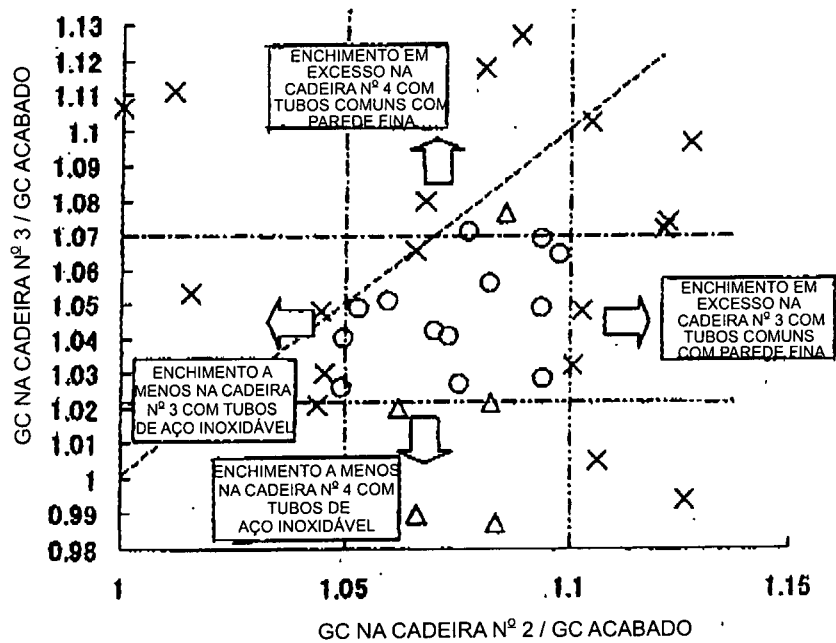


Fig. 6

	MATERIAL DE AÇO	Q.D. DO CORPO OCO	PROPORÇÃO DE G.C. CORPO / ACABADA	G.C. NA CADEIRA Nº 1 (S1)	PROPORÇÃO G.C. S1 / ACABADA	G.C. NA CADEIRA Nº 2 (S2)	PROPORÇÃO G.C. S2 / ACABADA	G.C. NA CADEIRA Nº 3 (S3)	PROPORÇÃO G.C. S3 / ACABADA	OCCORRÊNCIA DE CICATRIZES
EXEMPLO 1-1	13Cr	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	0.0%
EXEMPLO 1-2	COMUM	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	0.0%
EXEMPLO 1-3	9Cr	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	0.0%
EXEMPLO 1-4	5Cr	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	0.0%
EXEMPLO 2-1	13Cr	300 (mm)	1.11	952 (mm)	1.12	926 (mm)	1.09	903 (mm)	1.06	0.0%
EXEMPLO 2-2	COMUM	295 (mm)	1.09	952 (mm)	1.12	926 (mm)	1.09	903 (mm)	1.06	0.0%
EXEMPLO 2-3	13Cr	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	889 (mm)	1.05	856 (mm)	1.01	0.2%
EXEMPLO 2-4	COMUM	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	889 (mm)	1.05	856 (mm)	1.01	0.0%
EXEMPLO COMPARATIVO 1-1	13Cr	300 (mm)	1.11	890 (mm)	1.05	880 (mm)	1.04	858 (mm)	1.01	5.8%
EXEMPLO COMPARATIVO 1-2	COMUM	295 (mm)	1.09	890 (mm)	1.05	880 (mm)	1.04	858 (mm)	1.01	0.4%
EXEMPLO COMPARATIVO 1-3	13Cr	295 (mm)	1.09	890 (mm)	1.05	880 (mm)	1.04	858 (mm)	1.01	7.1%
EXEMPLO COMPARATIVO 1-4	COMUM	300 (mm)	1.11	890 (mm)	1.05	880 (mm)	1.04	858 (mm)	1.01	0.9%
EXEMPLO COMPARATIVO 2-1	13Cr	300 (mm)	1.11	967 (mm)	1.14	948 (mm)	1.12	914 (mm)	1.08	0.0%
EXEMPLO COMPARATIVO 2-2	COMUM	295 (mm)	1.09	967 (mm)	1.14	948 (mm)	1.12	914 (mm)	1.08	6.9%
EXEMPLO COMPARATIVO 2-3	13Cr	295 (mm)	1.09	967 (mm)	1.14	948 (mm)	1.12	914 (mm)	1.08	0.2%
EXEMPLO COMPARATIVO 2-4	COMUM	300 (mm)	1.11	967 (mm)	1.14	948 (mm)	1.12	914 (mm)	1.08	8.2%
EXEMPLO COMPARATIVO 3-1	13Cr	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	4.8%
EXEMPLO COMPARATIVO 3-2	9Cr	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	1.2%
EXEMPLO COMPARATIVO 3-3	5Cr	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	2.5%
EXEMPLO COMPARATIVO 3-4	COMUM	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	902 (mm)	1.06	885 (mm)	1.04	4.1%
EXEMPLO COMPARATIVO 4-1	13Cr	295 (mm)	1.09	952 (mm)	1.12	926 (mm)	1.09	903 (mm)	1.06	3.8%
EXEMPLO COMPARATIVO 4-2	COMUM	300 (mm)	1.11	952 (mm)	1.12	926 (mm)	1.09	903 (mm)	1.06	6.1%
EXEMPLO COMPARATIVO 5-1	13Cr	295 (mm)	1.09	917 (mm)	1.08	889 (mm)	1.05	856 (mm)	1.01	5.6%
EXEMPLO COMPARATIVO 5-2	COMUM	300 (mm)	1.11	917 (mm)	1.08	889 (mm)	1.05	856 (mm)	1.01	3.9%

Q.D. = DIÂMETRO EXTERNO; G.C. = CIRCUNFERÊNCIA DE SULCO; ACABADA = CIRCUNFERÊNCIA ACABADA

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO DE LAMINAÇÃO DE ALONGAMENTO UTILIZANDO UM LAMINADOR COM MANDRIL"**.

A presente invenção refere-se a um método de laminação de alongamento de um tubo mãe a partir de um corpo oco utilizando um laminador com mandril que pode impedir o enchimento em excesso e o enchimento a menos utilizando uma única combinação de cilindro sulcado. O diâmetro externo do corpo oco é estabelecido de modo que a proporção de circunferência externa do corpo oco para a circunferência externa do tubo mãe no lado de saída da cadeira de acabamento seja pelo menos 1, 1 quando o tubo mãe contém pelo menos 10% de Cr ou a proporção seja menos do que 1,1 quando o tubo mãe contém menos do que 10% de Cr. O perfil de sulco de cilindros sulcados proporcionados em uma primeira cadeira e em uma segunda cadeira do laminador com mandril é estabelecido de modo que a circunferência de sulco, determinada por vários cilindros sulcados proporcionados na primeira cadeira, satisfaça a Equação 1, a circunferência de sulco, determinada por vários cilindros sulcados proporcionados na segunda cadeira, satisfaça a Equação 2, e as circunferências de sulco na primeira cadeira e na segunda cadeira satisfaçam a Equação 3. Sob estas condições, a laminação de alongamento de um tubo mãe é realizada utilizando um laminador com mandril.