

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

(21) **PI0609605-0 A2**



(22) Data de Depósito: 31/03/2006  
(43) Data da Publicação: 20/04/2010  
(RPI 2050)

(51) *Int.Cl.:*  
B21B 25/04 (2010.01)  
B21B 17/04 (2010.01)

(54) Título: **MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE TUBO SEM COSTURA**

(30) Prioridade Unionista: 31/03/2005 JP 2005-100978

(73) Titular(es): PALACE CHEMICAL CO. LTD, SUMITOMO METAL INDUSTRIES LTD.

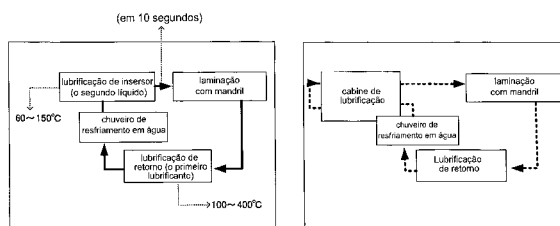
(72) Inventor(es): Akira Motoki, Kenichi Saitou, Shizuo Mori, Sumio Iida

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

(86) Pedido Internacional: PCT JP2006306928 de 31/03/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2006/106961 de 12/10/2006

(57) Resumo: MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE TUBO SEM COSTURA. A presente invenção refere-se a um método de fabricação de tubos sem costura compreendendo as etapas de: a primeira etapa de revestimento para a formação de um revestimento resistente à água pela aplicação de um primeiro líquido sobre uma superfície de uma barra de mandril imediatamente após o processo prévio de laminação com alongamento; uma etapa de resfriamento em água para resfriamento em água da barra de mandril tratada pela primeira etapa de revestimento; uma segunda etapa de revestimento para aplicação de um segundo líquido contendo um lubrificante inorgânico o qual é excelente em fluidez à alta temperatura na superfície da barra de mandril tratada pela etapa de resfriamento em água, então, fazer o segundo líquido permear no revestimento resistente à água para proporcionar a ele uma adesão à alta temperatura, e uma etapa de laminação com alongamento. Esta etapa de laminação com alongamento é caracterizada pelo fato de a laminação com alongamento de uma casca oca deve ser começada em 10 segundos após a segunda etapa de revestimento pelo uso da barra de mandril.



## Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE TUBO SEM COSTURA".

### Campo Técnico

A presente invenção refere-se a um método de fabricação de canos ou tubos sem costura (a partir deste ponto, refira-se a "tubos" como "canos ou tubos"), de acordo com o processo de laminação com mandril da Mannesmann. Especificamente, a presente invenção refere-se a um método de fabricação de tubos sem costura, o qual permite efetivamente inibir uma corrosão entre uma casca oca e uma barra de mandril como uma ferramenta para a formação de uma superfície interna de tubos e para se inibir efetivamente a ocorrência de falhas na superfície interna dos tubos, quando uma casca oca de cujo material é aço de liga alta, tal como aço inoxidável ou aço 13 Cr estiver em um processo de laminação com alongamento.

### Antecedente da Técnica

Os tubos sem costura são usados em muitos campos industriais, tais como energia, automóveis, química, maquinário industrial e construção. Os tubos sem costura são pesadamente usados em especial para elementos tubulares de poço de petróleo e para o transporte de óleo bruto e gás. Assim, esses tubos têm um papel importante no campo relacionado ao desenvolvimento de recursos energéticos mundial.

O método de fabricação de tubos sem costura de acordo com o processo de laminação com mandril da Mannesmann é, por exemplo, realizado com base no processo mostrado na Figura 3. Em primeiro lugar, um tarugo 1 como uma matéria-prima de um tubo sem costura é inserido em um forno de aquecimento do tipo de soleira rotativa 2 e aquecido. O tarugo 1 aquecido no forno de aquecimento do tipo de soleira rotativa 2 é retirado do forno, após isso, ele sendo perfurado e alongado por um perfurador (aparelho de perfuração – laminação) 3 para se tornar uma casca oca 4. Então, a partir do lado de extremidade traseira da casca oca 4, uma barra de mandril 5a é inserida em um orifício passante da casca oca 4, e a casca oca 4 é alongada e laminada para se tornar um tubo elementar 4a. Mais tarde, a barra de mandril 5a é retirada do tubo elementar 4a.

Na fabricação de tubos sem costura de acordo com o processo de laminação com mandril da Mannesmann acima, em um momento de laminação com alongamento da casca oca 4 pela laminação com mandril, a barra de mandril 5a normalmente é inserida em uma casca oca 4 de uma temperatura de 1100 a 1200°C e é exposta em um estado em que a barra 5a tende a emperrar. Portanto, lubrificantes são revestidos sobre a superfície externa da barra de mandril 5a. Os lubrificantes podem trabalhar como um revestimento de proteção, o qual inibe uma corrosão entre a barra de mandril 5a e a casca oca 4. Como tais lubrificantes revestidos sobre a superfície da barra de mandril 5a, são usados lubrificantes para laminação a quente, os quais são excelentes na performance de lubrificação em uma condição a quente. Do ponto de vista de custo mais baixo e excelente performance de lubrificação, por exemplo, um lubrificante do tipo de grafita aquoso principalmente contendo grafita é pesadamente usado. Este lubrificante usualmente é suprido a partir de um tanque de armazenamento para linhas de produção. O lubrificante é injetado como com um chuveiro na superfície da barra de mandril 5a para passar para dentro da casca oca 4 a partir de um bocal em formato de anel disposto em uma posição imediatamente antes da barra de mandril 5a ser inserida na casca oca 4. Desta forma, uma certa quantidade determinada empiricamente de lubrificantes é aplicada sobre a superfície da barra de mandril 5a.

O formato de diâmetro externo e espessura de parede do tubo elementar alongado e laminado por uma laminação com mandril são influenciados pelo número de revolução de cada gaiola e pelo formato de orifícios de rolos. Eles também são influenciados por mudanças de coeficiente de atrito entre uma barra de mandril 5a e uma casca oca 4. Em outras palavras, como um lubrificante a ser revestido para a barra de mandril 5a, pelo uso do lubrificante o qual seja capaz de reduzir o coeficiente de atrito entre a barra de mandril 5a e a casca oca 4, a casca oca 4 é uniformemente deformada na direção circunferencial e na direção longitudinal durante a laminação com alongamento. Portanto, é possível obter tubos elementares tendo um formato estável de diâmetro externo e variações locais estáveis na espessura de

parede.

Após o processo de laminação com alongamento, a barra de mandril 5a é retirada de um tubo elementar 4a com o uso de um removedor de barra. Contudo, se a lubricidade do lubrificante revestido na superfície externa da barra de mandril 5a for insuficiente, o tubo elementar 4a (casca oca 4) e a barra de mandril 5a emperrariam um no outro, desse modo falhas ocorrendo na superfície interna do tubo elementar 4a. Ou a corrosão impede a barra de mandril 5a de ser retirada.

Em geral, em um trabalho com metal a quente, a carepa oxidada é produzida na superfície da ferramenta e na superfície interna do material a ser processado. Um revestimento de óxido de ferro consiste nesta carepa oxidada; particularmente um revestimento consiste em um material denso e de dureza relativamente baixa incluindo  $\text{FeO}$  e  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  proporciona uma influência favorável para lubricidade durante a fabricação do tubo. Não obstante, diferentemente de um aço normal como aço-carbono, um aço inoxidável, tal como da série SUS 304, da série SUS 316, da série SUS 347, da série SUS 410 e da série SUS 430 ou um aço-liga, tal como STBA 25 e STBA 26, respectivamente definidos na Norma Industrial Japonesa (JIS) não produz facilmente tal carepa oxidada. Além disso, como estes aços têm propriedades mecânicas tais como alta resistência e alta tenacidade, a ferramenta correspondente ao aço acima precisa ser feita de uma liga baixa resistente a calor, tal como uma liga de série Co-Mo e de série Cr-Mo-V, JIS-SKD 61. Mais ainda, a ferramenta feita destes materiais não proporciona facilmente carepa oxidada. Assim, a carga de laminação e o coeficiente de atrito durante o processo se tornando mais altos, a barra de mandril 5a e a casca oca 4 tendem a emperrar uma na outra. Estes fatores freqüentemente produzem falhas na superfície interna do tubo elementar. Uma textura de superfície altamente acurada é requerida para a produção de tubo de aço inoxidável ou de aço-liga. Quando essas falhas de superfície são produzidas, embora elas sejam danos suaves, o tubo obtido em si não pode ser remetido como um produto final. Portanto, um pós-tratamento, tal como um polimento de superfície, é necessário. Por outro lado, quando uma falha profunda é feita na superfície

de tubo, o tubo é defeituoso. Assim sendo, em uma fabricação de tubos sem costura de acordo com o processo de laminação com mandril da Mannesmann, a performance de lubrificantes revestidos sobre a superfície da barra de mandril 5a proporciona um impacto grande não apenas na qualidade do produto, mas também em sua produtividade.

Normalmente, uma barra de mandril é inserida em uma casca oca de uma temperatura de 1100 a 1200 °C, e a casca oca tendo a barra de mandril ali é tratada por um processo de laminação com alongamento. Então, a temperatura da barra de mandril imediatamente após uma laminação com alongamento é alta na faixa de 100 a 400 °C. Uma barra de mandril como essa é resfriada, e os lubrificantes são revestidos sobre ela de novo, antes do uso para uma laminação com alongamento da casca oca seguinte.

Sobre os lubrificantes a serem aplicados na barra de mandril, o documento de Patente 1 mostra uma técnica a qual inibe uma corrosão entre uma casca oca e uma barra de mandril pelo método a seguir: reação química de dois líquidos contendo o primeiro líquido pó de grafita e resina aquosa tendo uma propriedade de cura de reação e o segundo líquido contendo ácido bórico e assim por diante; então, colocação do revestimento de lubrificante endurecido para intervir entre a casca oca e a barra de mandril.

O documento de Patente 2 mostra um lubrificante do tipo de um componente do primeiro líquido do documento de Patente 1 acima do qual a resina aquosa é alterada por um copolímero e ainda incluindo mica.

Ainda, o documento de Patente 3 mostra uma técnica a qual inibe uma corrosão pela aplicação de um lubrificante em particular por mais de uma vez para se garantir a espessura predeterminada de revestimento de lubrificante.

Documento de Patente 1: Pedido de Patente Japonesa Aberto (JP-A) Nº 63-230797.

Documento de Patente 2: JP-A Nº 8-165489.

Documento de Patente 3: JP-A Nº 2004-34072.

#### Exposição da Invenção

#### Problemas a Serem Resolvidos pela Invenção

Uma barra de mandril retirada de um tubo elementar é reusada (o assim denominado "uso cíclico") para a laminação com alongamento da casca oca após ser transportada para a zona de resfriamento de barra para ser resfriada para a certa temperatura. Na zona de resfriamento de barra, os métodos adotáveis de forma prática de resfriamento no campo são o resfriamento em ar e o resfriamento em água. Se um espaço suficiente não puder ser assegurado para a colocação de muitas barras de mandril para resfriamento em ar, um resfriamento em água será adotado, por causa de um período curto de tempo de resfriamento. Nesse caso, a barra de mandril é provida para a laminação com alongamento da casca oca seguinte logo após o resfriamento em água.

Se uma barra de mandril for resfriada em água, presumivelmente, em geral, pode haver dois sincronismos de revestimento de lubrificantes sobre a superfície da barra, isto é: imediatamente após o término da laminação com alongamento da casca oca prévia (pré-resfriamento em água); e um período após a evaporação completa da água na superfície de uma barra resfriada em água e imediatamente antes da laminação com alongamento da casca oca seguinte. Quando um lubrificante é revestido imediatamente após a laminação com alongamento, como a barra de mandril a ser revestida pelo lubrificante está a uma temperatura alta de 100 a 400 °C e resfriada em água após a etapa seguinte, são requeridos lubrificantes que tenham resistência a calor e resistência à água, bem como resistência a corrosão. A propósito, quando um lubrificante é revestido sobre a superfície da barra após seu resfriamento em água e imediatamente antes da laminação com alongamento da casca oca a seguir, de modo a se elevar a eficiência de fabricação, é necessário formar um revestimento de lubrificante tendo uma resistência a corrosão suficiente em um período curto após o revestimento do lubrificante. Em outras palavras, é requerido que o lubrificante tenha uma propriedade de secagem rápida.

O lubrificante descrito no documento de Patente 1 não é projetado para ter resistência à água e resistência a calor, desse modo sendo necessário aplicar lubrificantes após o resfriamento em água e antes da lami-

nação com alongamento. Contudo, não é possível formar um revestimento seco sobre a espessura inteira do revestimento de lubrificante em um período curto, de modo a se ter uma resistência a corrosão favorável. Por outro lado, leva um tempo longo para se obter um revestimento de lubrificante tendo uma resistência a corrosão favorável por secagem suficiente. Assim sendo, há um problema de o tempo de operação para um alongamento se tornar maior, de modo que a eficiência de fabricação declina.

Enquanto isso, o lubrificante mostrado no documento de Patente 2 é projetado para ser usado basicamente à temperatura ambiente e a resistência à água não é de preocupação; é necessário usá-lo após o resfriamento em água. Contudo, não se concerne à propriedade de secagem rápida, desse modo o lubrificante tendo um problema similar àquele mostrado no documento de Patente 1.

Ainda, no documento de Patente 3 que mostra uma técnica, não há descrição sobre a resistência a calor e a resistência à água requeridas para que o lubrificante seja aplicado antes do resfriamento em água e sobre uma propriedade de secagem rápida após um resfriamento em água. Então, não há uma sugestão sobre como um lubrificante deve ser usado em detalhes, quando a barra de mandril for resfriada em água.

Assim sendo, um objetivo da presente invenção é prover um método de fabricação de tubos sem costura no caso de se ter um processo de fabricação incluindo um resfriamento em água de barras de mandril, onde uma produtividade suficiente seja mantida, e é possível efetivamente inibir a ocorrência de falhas na superfície dos tubos, mesmo quando os materiais a serem trabalhados forem aço inoxidável ou aço de liga alta, pela formação de um revestimento de lubrificante tendo excelente resistência a corrosão na superfície das barras de mandril.

#### Meios para Resolução de Problemas

Os presentes inventores realizaram estudos sérios. Como resultado, os presentes inventores adquiriram as idéias a seguir para resolução dos problemas acima.

(1) Pelo revestimento de um lubrificante sobre uma barra de

mandril quente imediatamente após uma laminação com alongamento e antes de um resfriamento em água, se é capaz de obter um revestimento tendo espessura suficiente e secar suficientemente o revestimento em um período de tempo curto.

- 5                   (2) É requerido que o lubrificante a ser revestido antes do resfriamento em água (a partir deste ponto, refira-se ao "primeiro líquido") tenha resistência a calor à temperatura de até 400 °C e resistência à água para não ser lavado pela etapa de resfriamento em água seguinte.

- 10                   (3) Contudo, embora o primeiro líquido tenha a resistência a calor acima, o revestimento a ser formado tende a ser poroso devido à alta temperatura, de modo que sua adesão à superfície da barra de mandril não é suficiente. Portanto, sem qualquer pós-tratamento, a resistência a corrosão da barra de mandril não é suficiente. Essa insuficiência pode ser notadamente observada em particular nos materiais de trabalho como aço inoxidável e
- 15                   aço de liga alta. Mais ainda, o revestimento pode ser parcialmente descascado em contato com membros periféricos, antes do próximo processo de laminação com alongamento.

- 20                   (4) De modo a se cobrirem os inconvenientes, pelo revestimento de um lubrificante (a partir deste ponto, refira-se ao "segundo líquido") tendo uma viscosidade relativamente baixa sobre o primeiro líquido após o resfriamento em água, o segundo líquido permeia no revestimento poroso, desse modo sendo capaz de tornar o revestimento de lubrificante denso. Além disso, pela adição de um componente que proporciona resistência a corrosão com o segundo líquido, se é capaz de melhorar a resistência a corrosão do
- 25                   revestimento. Como visto acima, ele é capaz de melhorar a adesão entre o revestimento de lubrificante e a barra de mandril e é também capaz de aumentar a resistência de corrosão. Também é possível reforçar a lubricidade de uma área em que um revestimento de lubrificante é parcialmente descascado.

- 30                   (5) Após o revestimento do segundo líquido, não há uma etapa de resfriamento em água. Portanto, não é requerido que o segundo líquido tenha resistência à água.



(6) Contudo, como uma etapa de laminação com alongamento é realizada logo após o revestimento, o segundo líquido precisa ter uma propriedade de secagem rápida. Se for um segundo líquido sem ter uma propriedade de secagem rápida, um revestimento não seco será formado no momento da laminação com alongamento; esse revestimento proporciona uma adesão insuficiente. No entanto, caso se espere até o revestimento estar suficientemente seco, o atraso terá um impacto negativo na produtividade de fabricação de tubos.

A presente invenção é completada com base nas idéias acima, o sumário da invenção sendo conforme se segue.

O primeiro aspecto da invenção é um método de fabricação de tubos sem costura que compreende as etapas de: a primeira etapa de revestimento para a formação de um revestimento resistente à água pela aplicação de um primeiro líquido sobre uma superfície de uma barra de mandril imediatamente após o processo prévio de laminação com alongamento; a etapa de resfriamento em água para resfriamento em água da barra de mandril tratada pela primeira etapa de revestimento; a segunda etapa de revestimento para aplicação de um segundo líquido contendo um lubrificante inorgânico o qual é excelente em fluidez à alta temperatura na superfície da barra de mandril tratada pela etapa de resfriamento em água, então, fazer o segundo líquido permear no revestimento resistente à água para proporcionar a ele uma adesão à alta temperatura, e uma etapa de laminação com alongamento, onde a etapa de laminação com alongamento é caracterizada pelo fato de a laminação com alongamento de uma casca oca dever ser começada em 10 segundos após a segunda etapa de revestimento pelo uso da barra de mandril.

A expressão "uma barra de mandril (quente) imediatamente após o processo prévio de laminação com alongamento" significa uma barra de mandril inserida em uma casca oca de uma temperatura de 1100 a 1200 °C e retirada do tubo elementar recém feito (originalmente uma casca oca) após a laminação com alongamento. A temperatura da barra usualmente é de 100 a 400 °C. Também, a expressão "resistência à água" significa que,

normalmente, mesmo se um lubrificante na superfície da barra de mandril for aspergido com água, mais da metade (50% em massa) do lubrificante pode permanecer sem ser lavado. O método de avaliação em detalhes será descrito mais tarde. Ainda, a expressão "adesão à alta temperatura" significa

5 que um revestimento de lubrificante aderido na superfície da barra de mandril não pode sair facilmente pelo contato com uma casca oca, embora a barra seja inserida na casca oca de uma temperatura de 1100 a 1200°C. A avaliação em detalhes é feita com base em ocorrer ou não uma corrosão entre uma barra de mandril e a superfície interna de uma casca oca.

10 O segundo aspecto da invenção é um método de fabricação de tubos sem costura de acordo com o primeiro aspecto da invenção, onde o primeiro líquido é uma solução aquosa ou uma dispersão aquosa contendo de 20 a 40% em massa de um lubrificante sólido e de 10 a 30% em massa de uma resina dispersível em água, e o segundo líquido é uma solução a-

15 quosa ou uma dispersão aquosa contendo de 5 a 30% em massa de um ou mais selecionados de um grupo consistindo em borato de amina, borato de potássio, molibdato de potássio (ou de sódio) e carbonato de potássio (ou de sódio), em conjunto com de 0 a 30% em massa de um lubrificante sólido.

O terceiro aspecto da invenção é um método de fabricação de

20 tubos sem costura de acordo com o segundo aspecto da invenção, onde o lubrificante sólido é grafita, mica ou uma mistura dos mesmos.

O quarto aspecto da invenção é um método de fabricação de tubos sem costura de acordo com qualquer um do primeiro ao terceiro aspecto da invenção, onde a primeira etapa de revestimento é realizada com

25 uma barra de mandril de 100 a 400 °C e a segunda etapa de revestimento é realizada com uma barra de mandril de 60 a 150 °C.

O quinto aspecto da invenção é um método de fabricação de tubos sem costura de acordo com qualquer um do primeiro ao quarto aspectos da invenção, onde o material da casca oca é um aço-liga contendo 5%

30 em massa ou mais de Cr ou aço inoxidável.

#### Efeitos da Invenção

De acordo com a presente invenção, se é capaz de prover um

método para fabricação de tubos sem costura no caso de se ter um processo de fabricação que inclui um resfriamento em água de barras de mandril, onde uma produtividade suficiente é mantida, e é possível efetivamente inibir a ocorrência de falhas na superfície dos tubos, mesmo quando os materiais a serem usinados forem aço inoxidável ou um aço de liga alta, pela formação de um revestimento de lubrificante tendo excelente resistência a corrosão na superfície das barras de mandril.

Esses efeitos e vantagens da invenção serão tornados evidentes a partir do melhor modo para realização da invenção, o que será descrito conforme se segue.

#### Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1(A) é uma vista esquemática que mostra um ciclo de operação de uma barra de mandril da presente invenção;

a Figura 1(B) é uma vista esquemática que mostra um ciclo de operação de uma barra de mandril da técnica anterior para referência;

a Figura 2 é uma vista diagramática de uma máquina de teste para medição de resistência a corrosão; e

a Figura 3 é uma vista esquemática que mostra as etapas de fabricação de um tubo sem costura.

#### Descrição dos números de referência

|       |                                                  |
|-------|--------------------------------------------------|
| 1     | Tarugo                                           |
| 2     | forno de aquecimento do tipo de soleira rotativa |
| 3     | aparelho de perfuração – laminação               |
| 4     | casca oca                                        |
| 25 4a | tubo elementar                                   |
| 5     | laminação com mandril                            |
| 5a    | barra de mandril                                 |
| 6     | laminador calibrador                             |
| 7     | piso de resfriamento                             |
| 30 40 | aparelho de teste de laminação                   |
| 41    | ferramenta do tipo de placa plana                |
| 42    | rolo de laminação                                |

43                   peça de teste

Melhor Modo para Realização da Invenção

5                   A Figura 1(A) é uma vista esquemática que mostra um ciclo de operação de uma barra de mandril no método para fabricação de tubos sem costura da primeira modalidade da presente invenção. Como uma referência para comparação, a Figura 1(B) é uma vista esquemática que mostra um ciclo de operação convencional de uma barra de mandril.

10                  Na Figura 1(A), uma barra de mandril provida para laminação com alongamento de um tubo em uma laminação com mandril é retirada de um tubo elementar, o primeiro líquido é revestido sobre a barra de mandril a uma temperatura de 100 a 400 °C (a assim denominada "lubrificação de retorno"). A barra de mandril revestida é resfriada para de 60 a 150 °C por um chuveiro de água, então, o segundo líquido é revestido sobre a superfície da barra de mandril resfriada (a assim denominada "lubrificação de insersor").

15                  Mais tarde, a barra de mandril revestida pelo segundo líquido é provida de novo para a laminação com alongamento de um tubo em uma laminação com mandril. O período de tempo é em 10 segundos a partir do revestimento do segundo líquido para começo da próxima laminação com alongamento.

20                  Por outro lado, em um ciclo de operação convencional mostrado na Figura 1(B), a solução revestida na etapa do revestimento de primeiro líquido foi usada para fins de resfriamento da barra de mandril uniformemente no chuveiro de resfriamento seguinte. A solução foi largamente lavada. Assim, um lubrificante para proporcionar uma função de lubrificação foi aplicado durante a etapa de revestimento de segundo líquido. Contudo, leva

25                  tempo para a secagem do revestimento após o revestimento sobre a barra de mandril resfriada, uma área da assim denominada "cabine de lubrificação" tendo sido necessária para retenção de barras de mandril pelo certo período de tempo.

30                  No ciclo de operação de uma barra de mandril no método para fabricação de tubos sem costura da primeira modalidade da invenção, a cabine de lubrificação conforme mostrado na Figura 1(B) não é necessária, e se é capaz de começar a laminação com alongamento seguinte imediata-

mente após a lubrificante de insensor; desse modo, é possível melhorar a eficiência de fabricação.

Aqui, o primeiro líquido e o segundo líquido para o uso de um método para fabricação de tubos sem costura da presente modalidade serão explicados, conforme abaixo.

(O primeiro líquido)

No primeiro líquido, a substância de base a ser usada é um lubrificante sólido que inclui grafita, mica ou uma mistura dos mesmos. O limite superior do teor do lubrificante sólido para a quantidade total de lubrificante é de 40% em massa, preferencialmente de 35% em massa. Quando o teor do lubrificante sólido é excessivo, um revestimento por aspersão se torna difícil. Além disso, um lubrificante sólido excessivo torna difícil o suprimento do lubrificante a partir de um tanque de armazenamento para linhas de produção. No final, uma injeção como com um chuveiro a partir de um bocal para a superfície de uma barra de mandril se torna impossível. Por outro lado, o limite inferior do teor do lubrificante sólido para a quantidade total de lubrificante é de 20% em massa, preferencialmente de 25% em massa. Quando o teor do lubrificante sólido é pequeno demais, uma resistência a corrosão se torna mais baixa. Há um medo de se terem falhas nos tubos, quando os alongados e laminados são cascas ocas feitas particularmente de aço inoxidável e aço de liga alta.

A grafita pode ser grafita natural ou grafita sintética. A pureza da grafita preferencialmente é de 81% ou mais, e o diâmetro médio de partícula é preferencialmente de 40 µm ou menos. Se a pureza da grafita for menor do que 81%, a lubricidade poderá ser bloqueada por impureza principalmente incluindo uma substância inorgânica, tais como alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e sílica ( $\text{SiO}_2$ ) como materiais fora do lugar. Também, se o diâmetro médio de partícula for de 40 µm ou mais, essa grafita não será apropriadamente dispersa no primeiro líquido. Portanto, a grafita não pode ser suprida para a superfície de uma barra de mandril e de uma casca oca, quando usada, e não pode ser armazenada de forma estável sob uma condição de dispersão.

A mica pode ser mica natural ou mica sintética. Como mica natu-

ral, os exemplos incluem sericita, muscovita e flogopita. Ainda, os exemplos de mica sintética incluem mica de potássio tetrassilícico, mica de sódio tetrassilícico e mica de flúor-flogopita. A mica deve ser incluída de modo a se melhorar a lubricidade do lubrificante sob uma temperatura alta de em torno

5 de 1000 °C. De modo similar ao efeito de grafita, a mica melhora o efeito de lubrificação entre uma barra de mandril e uma casca oca. A grafita diminui o coeficiente de atrito; enquanto isso, a mica intervém entre uma barra de mandril e uma casca oca e inibe sua fusão – ligação uma com a outra. Assim, a mica proporciona uma função para inibição da ocorrência de falhas na

10 superfície interna da casca oca (tubo elementar). O diâmetro médio de partícula de mica é preferencialmente de 40 µm ou menos, e a pureza da mesma preferencialmente é de 81% ou mais. Devido a isso, se o diâmetro médio de partícula se tornar mais de 40 µm, tais partículas não poderão ser apropria-

15 damente dispersas, desse modo um suprimento suave das mesmas para a superfície de lubrificação se tornando difícil. Também, se a pureza de mica for menor do que 81%, a lubricidade pode ser bloqueada por impureza principalmente incluindo uma substância inorgânica, tais como alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) e sílica ( $\text{SiO}_2$ ) como materiais fora do lugar.

Uma resina dispersível em água a ser misturada no primeiro líquido

20 líquido pode tornar o lubrificante sólido como uma substância de base disperso de forma estável em água. Assim, o primeiro líquido pode ser facilmente suprido quando usado. Portanto, a resina é incluída de modo a tornar o primeiro líquido uniformemente disperso na superfície de uma barra de mandril e de uma casca oca, e para proporcionar lubricidade suplementar para o

25 primeiro líquido.

Como uma resina dispersível em água a ser misturada no primeiro líquido, por exemplo, pode haver um copolímero de acetato de vinila, um copolímero de éster de ácido acrílico, um copolímero de éster de ácido metacrílico, um copolímero de dois ou mais dos mesmos, e um copolímero

30 de etileno – acetato de vinila. O diâmetro médio de partícula dessas resinas dispersíveis em água preferencialmente é de 40 µm ou menos. Se o diâmetro médio de partícula se tornar mais de 40 µm, tais partículas não poderão

ser apropriadamente dispersas, desse modo um suprimento suave das mesmas para a superfície de lubrificação se tornando difícil. O limite superior do teor da resina dispersível em água para a quantidade total de lubrificantes é de 30% em massa, preferencialmente de 25% em massa. Se o teor de resina dispersível em água for excessivo, uma viscosidade do lubrificante se tornará alta demais, portanto um revestimento por aspersão se tornando difícil. Por outro lado, o limite inferior da mesma é de 10% em massa, preferencialmente de 15% em massa. Se o teor da resina dispersível em água for pequeno demais, a adesividade e a resistência à água do primeiro líquido não serão suficientes, desse modo um revestimento de lubrificação podendo ser descascado.

Mais ainda, de modo a se melhorar a adesividade à alta temperatura do primeiro líquido à barra de mandril e para se dispersar adequadamente e depositar o lubrificante sólido, tais como grafita e mica, um polímero solúvel em água pode ser misturado em uma faixa na qual a resistência à água não seja danificada, por exemplo, 3% em massa ou menos. Os exemplos do polímero solúvel em água incluem metilcelulose e carboximetilcelulose, ou um polissacarídeo, tal como alginato.

A água está contida de modo a aplicar uniformemente o lubrificante na superfície da barra de mandril. Quando o teor se tornar menor do que 30% em massa, uma viscosidade do lubrificante se tornará alta demais para se lidar com isso. Por outro lado, quando o teor se torna de mais do que 70% em massa, um fenômeno de impacto é intensificado, de modo que um revestimento uniforme não pode ser obtido. Mais ainda, a adesividade do primeiro líquido é deteriorada, desse modo sendo impossível obter a quantidade de adesão desejada. Assim, o teor de água é de 30 a 70% em massa, preferencialmente de 40 a 60% em massa.

No lubrificante acima, se necessário, de 0,01 a 2,0% em massa dos respectivos materiais a seguir podem ser adicionados: um removedor de espuma da série de silicone comercializado geralmente, tal como dimetilsiloxano; e um agente antisséptico, incluindo um composto da série de tiazolina, tal como 1,2-benzoisotiazolina-3-ona, um composto da série de triazina, tal

como hexahidro-1,3,5-tris (2-hidroxietil)-S-triazina, e um composto da série de piridina, tal como tiol-1-óxido de 2-piridina de sódio. Quando um remove-dor de espuma é adicionado, ele inibe a formação de espuma do lubrificante; quando um agente antisséptico é adicionado, ele inibe a decomposição do mesmo.

Na quantidade do primeiro líquido a ser aderida sobre a superfície da barra de mandril, a quantidade do lubrificante sólido ali é de 50 a 150 g/m<sup>2</sup>, preferencialmente de 80 a 120 g/m<sup>2</sup>. Quando a quantidade do primeiro líquido é excessiva, um revestimento tendo mais do que a espessura necessária para resistência a corrosão é formada, ele é economicamente desvantajoso. Enquanto isso, quando a quantidade do primeiro líquido aderido é pequena demais, uma performance de resistência a corrosão suficiente não pode ser obtida.

(O segundo líquido)

O segundo líquido a ser aplicado sobre a superfície da barra de mandril após um resfriamento em água é uma solução aquosa ou uma dispersão aquosa contendo: de 5 a 30% em massa de um ou mais selecionados a partir do grupo que consiste em borato de amina, borato de potássio, molibdato de potássio ou molibdato de sódio, e carbonato de potássio ou carbonato de sódio; e de 0 a 30% em massa de um lubrificante sólido.

O borato de amina disponível pode ser quaisquer aminas as quais possam formar um sal solúvel em água, por exemplo, podendo ser monoetanol amina, monoisopropanol amina, dietanol amina e trietanol amina.

Ao segundo líquido um lubrificante sólido pode ser adicionado, se necessário. Como lubrificantes sólidos disponíveis, de modo similar ao primeiro líquido, grafita, mica ou uma mistura dos mesmos pode ser usada. Além destes, ou apenas, é possível usar um silicato em camadas.

O limite superior do teor do lubrificante sólido a ser misturado no segundo líquido é de 40% em massa para a quantidade total do segundo líquido, preferencialmente de 30% em massa. Quando a quantidade do lubrificante sólido acima é excessiva, o segundo líquido tem uma dificuldade de



permeiar no revestimento poroso feito do primeiro líquido. Portanto, a adesividade do revestimento de lubrificante não pode ser suficientemente melhorada. Por outro lado, quando nenhum lubrificante sólido é usado no segundo líquido, o revestimento de lubrificação a ser formado pode carecer da resistência a corrosão.

### Exemplos

O primeiro líquido e o segundo líquido descritos acima foram revestidos sobre a superfície de peças de teste; então, as avaliações a seguir das mesmas foram realizadas.

#### 10 (1) Resistência à água

Oito tipos dos primeiros líquidos cuja composição é mostrada na Tabela 1 (30% em massa de grafita, de 5 a 40% em massa de resina dispersível em água) foram respectivamente revestidos por aspersão nas peças de teste de metal aquecidas a 300 °C, de modo que a quantidade de adesão fosse de em torno de 100 g/m<sup>2</sup> e deixadas por 5 segundos. Então, as peças de teste individuais foram expostas a um chuveiro de resfriamento continuamente, até que a água não viesse a ferver (em torno de 100 °C). A condição do chuveiro de resfriamento é conforme se segue:

20                   Bocal: bocal de chuveiro  
                       Pressão de água: em torno de 0,2 MPa  
                       Fluxo de água: 10 L/min  
                       Temperatura da água: de 20 a 25 °C

25                   A grafita usada foi grafita lamelosa (pureza: 81% ou mais); a resina dispersível em água foi uma mistura de uma resina da série de acetato de vinila e uma resina da série de acetato de vinila – acrílica a uma relação de 1:1. As condições de descascamento do revestimento sob as circunstâncias acima foram avaliadas de acordo com os critérios a seguir.

#### (Critérios de avaliação de resistência à água)

30                   O: pouco revestimento foi descascado (a porção descascada foi menor do que 15% do total);

                      Δ: 15% ou mais e menos de 80% do revestimento foram descascados; e

X: quase todo o revestimento foi descascado (a porção descascada foi de 80% ou mais do total).

Os resultados são mostrados na Tabela 1. Os resultados de capacidade de revestimento por aspersão observada no teste acima também são mostrados na Tabela 1. A capacidade de revestimento por aspersão foi avaliada de acordo com os critérios a seguir.

(Critérios para avaliação de capacidade de revestimento por aspersão)

O: foi possível aspergir uniformemente sobre a superfície inteira para revestimento;

10  $\Delta$ : o revestimento se tornou ligeiramente não uniforme pela superfície inteira para revestimento; e

X: o revestimento se tornou não uniforme pela superfície inteira para revestimento.

(Tabela 1)

| Grafita | Resina Dispersível em Água | Capacidade de Revestimento por Aspersão | (% em massa)       |
|---------|----------------------------|-----------------------------------------|--------------------|
|         |                            |                                         | Resistência à Água |
| 30,0    | 40,0                       | X                                       | -                  |
|         | 35,0                       | X                                       | -                  |
|         | 30,0                       | $\Delta$                                | O                  |
|         | 25,0                       | O                                       | O                  |
|         | 20,0                       | O                                       | O                  |
|         | 15,0                       | O                                       | O                  |
|         | 10,0                       | O                                       | $\Delta$           |
|         | 5,0                        | O                                       | X                  |

15 (2) Testes de avaliação para propriedade de secagem e resistência a corrosão

A propriedade de secagem e a resistência a corrosão foram avaliadas pelo uso de um aparelho de teste de laminação 40 mostrado de forma diagramática na Figura 2. Este aparelho de teste de laminação 40 é para demonstrar uma condição de laminação com alongamento em uma gaiola única de uma laminação com mandril. Uma peça de teste aquecida 43 foi laminada entre um rolo 42 e uma ferramenta do tipo de placa plana 41 disposta de forma móvel na direção de laminação (a direção direita e esquerda

na Figura 2) e um lubrificante foi revestido sobre a superfície. A situação de dano da ferramenta do tipo de placa plana 41 foi observada após a laminação.

Para uma peça de teste 43, foi usada uma placa de aço inoxidável 18 Cr – 8 Ni (SUS 304) de 20 mm de largura, 10 mm de espessura e 250 mm de comprimento. Sobre a ferramenta do tipo de placa plana 41, cinco tipos dos primeiros líquidos cujas composições são mostradas na Tabela 2 (três tipos de Exemplos e dois tipos de Exemplos comparativos) foram revestidos por aspersão, de modo que a quantidade de revestimento fosse de em torno de 35 g/m<sup>2</sup>, e foi resfriado para 80 °C por água. Mais tarde, o segundo líquido de oito tipos de Exemplos (A a H) cujas composições são mostradas na Tabela 3 e três tipos de Exemplos comparativos (I a K) cujas composições são mostradas na Tabela 4 foram revestidos por aspersão sobre o revestimento do primeiro líquido, de modo que a quantidade de revestimento fosse de em torno de 20 g/m<sup>2</sup>. Finalmente, de modo a coincidir com um passo de ciclo de operação da laminação com mandril real, a propriedade de secagem foi verificada por um toque com dedo após 10 segundos a partir do revestimento de lubrificante, e uma laminação a jusante pelo rolo 42 foi realizada.

A condição de alongamento foi conforme se segue.

Temperatura de aquecimento: 1000 °C

Velocidade circunferencial do rolo: 392,5 mm/s

Velocidade do movimento da ferramenta: 15 mm/s

Redução de laminação: 30%.

(Tabela 2)

| O primeiro líquido         | (% em massa) |      |      |                     |      |
|----------------------------|--------------|------|------|---------------------|------|
|                            | Exemplo      |      |      | Exemplo Comparativo |      |
|                            | 1            | 2    | 3    | 4                   | 5    |
| Grafita                    | 30,0         | -    | 15,0 | 45,0                | 15,0 |
| Mica                       | -            | 30,0 | 15,0 | -                   | -    |
| Resina dispersível em água | 25,0         | 25,0 | 25,0 | 25,0                | 25,0 |
| Dispersante                | 2,0          | 2,0  | 2,0  | 2,0                 | 2,0  |
| Água                       | 43,0         | 43,0 | 43,0 | 28,0                | 58,0 |

(Tabela 3)

O segundo líquido

(% em massa)

|                       | Exemplo |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|                       | A       | B    | C    | D    | E    | F    | G    | H    |
| Grafita               | 20,0    | -    | 15,0 | 20,0 | -    | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Mica                  | -       | 20,0 | 15,0 | -    | -    | -    | -    | -    |
| Borato de amina       | -       | -    | -    | -    | 30,0 | -    | -    | -    |
| Borato de potássio    | -       | -    | -    | 5,0  | -    | -    | -    | -    |
| Molibdato de sódio    | 15,0    | 15,0 | 15,0 | -    | -    | -    | -    | -    |
| Molibdato de potássio | -       | -    | -    | -    | -    | 15,0 | -    | -    |
| Carbonato de sódio    | -       | -    | -    | -    | -    | -    | 15,0 | -    |
| Carbonato de potássio | -       | -    | -    | -    | -    | -    | -    | 15,0 |
| Dispersante           | 2,0     | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  |
| Água                  | 63,0    | 63,0 | 53,0 | 73,0 | 68,0 | 63,0 | 63,0 | 63,0 |

(Tabela 4)

O segundo líquido (Exemplos comparativos)

(% em massa)

|                       | Exemplo comparativo |      |      |
|-----------------------|---------------------|------|------|
|                       | I                   | J    | K    |
| Grafita               | 35,0                | 20,0 | 20,0 |
| Mica                  | -                   | -    | -    |
| Borato de amina       | -                   | 3,0  | 35,0 |
| Borato de potássio    | -                   | -    | -    |
| Molibdato de sódio    | 15,0                | -    | -    |
| Molibdato de potássio | -                   | -    | -    |
| Carbonato de sódio    | -                   | -    | -    |
| Carbonato de potássio | -                   | -    | -    |
| Dispersante           | 2,0                 | 2,0  | 2,0  |
| Água                  | 48,0                | 75,0 | 43,0 |

- A grafita usada foi grafita lamelosa (pureza: 81% ou mais); a resina dispersível em água foi uma mistura de uma resina da série de acetato de vinila e uma resina da série de acetato de vinil - acrílica a uma relação de 1:1.

A propriedade de secagem do lubrificante e a situação de corro-

são da ferramenta do tipo de placa plana 41 após a laminação foram registradas de acordo com os critérios a seguir.

(Critérios de propriedade de secagem)

Seco: O

5 A secagem foi ligeiramente incompleta: Δ

A secagem não foi feita: X

(Critérios de corrosão)

Nenhum corrosão foi observado: O

Um pequeno corrosão foi observado: Δ

10 Um corrosão foi largamente observado: X

Os resultados da avaliação da propriedade de secagem e da avaliação de resistência a corrosão são mostrados nas Tabelas 5 e 6.

(Tabela 5)

Propriedade de Secagem

| 1º líquido<br>2º líquido | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | O | Δ | X |
| 2                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | O | Δ | X |
| 3                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | O | Δ | X |
| 4                        | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | O | Δ | X |

15 O primeiro líquido 4 não pôde ser testado, devido à não disponibilidade de revestimento por aspersão. Os segundos líquidos D e J não foram favoráveis na propriedade de secagem, já que estes continham uma grande quantidade de água. Ainda, os segundos líquidos E e K não foram favoráveis em sua propriedade de secagem, já que estes continham uma

20 grande quantidade de borato de amina.

(Tabela 6)

## Resistência a corrosão

| 1º líquido<br>2º líquido | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | X | X | X |
| 2                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | X | X | X |
| 3                        | O | O | O | Δ | Δ | O | O | O | X | X | X |
| 4                        | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 5                        | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |

O primeiro líquido 4 não pôde ser testado, devido à não disponibilidade de revestimento por aspersão. O primeiro líquido 5 teve uma resistência a corrosão insuficiente por causa da pequena quantidade de lubrificante sólido. Os segundos líquidos D e E tiveram uma resistência a corrosão insuficiente por causa do declínio da propriedade de secagem. O segundo líquido I não foi bom na permeabilidade, devido à grande quantidade de lubrificante sólido, desse modo a resistência a corrosão tendo sido insuficiente. O segundo líquido K não foi bom na permeabilidade devido à grande quantidade de lubrificante inorgânico, desse modo a resistência a corrosão tendo sido insuficiente. O segundo líquido J teve uma resistência a corrosão insuficiente por causa da pequena quantidade de lubrificante inorgânico.

O dito acima descreveu a presente invenção associada às modalidades mais práticas e preferidas da mesma. Contudo, a invenção não está limitada às modalidades mostradas no relatório descritivo. Assim, a invenção pode ser apropriadamente variada, desde que a variação não seja contrária à substância em questão e à concepção da invenção, a qual pode ser lida a partir das reivindicações e do conteúdo inteiro do relatório descritivo. Deve ser compreendido que um método de fabricação de tubos sem costura com uma alternância como essa está incluído no escopo técnico da invenção.

## REIVINDICAÇÕES

1. Método de fabricação de tubos sem costura, que compreende as etapas de:

5       uma primeira etapa de revestimento para a formação de um revestimento resistente à água pela aplicação de um primeiro líquido sobre uma superfície de uma barra de mandril imediatamente após o processo prévio de laminação com alongamento;

10       uma etapa de resfriamento em água para resfriamento em água da referida barra de mandril tratada pela referida primeira etapa de revestimento;

15       uma segunda etapa de revestimento para aplicação de um segundo líquido contendo um lubrificante inorgânico o qual é excelente em fluidez à alta temperatura na superfície da referida barra de mandril tratada pela referida etapa de resfriamento em água, então, fazer o referido segundo líquido permear no referido revestimento resistente à água para proporcionar a ele uma adesão à alta temperatura, e

20       uma etapa de laminação com alongamento, onde a referida etapa de laminação com alongamento é caracterizada pelo fato de a laminação com alongamento de uma casca oca deve ser começada em 10 segundos após a referida segunda etapa de revestimento pelo uso da referida barra de mandril.

2. Método de fabricação de tubos sem costura, de acordo com a reivindicação 1,

25       onde o referido primeiro líquido é uma solução aquosa ou uma dispersão aquosa contendo de 20 a 40 em massa de um lubrificante sólido e de 10 a 30% em massa de uma resina dispersível em água, e

30       o referido segundo líquido é uma solução aquosa ou uma dispersão aquosa contendo de 5 a 30% em massa de um ou mais selecionados a partir de um grupo que consiste em borato de amina, borato de potássio, molibdato de potássio (ou de sódio) e carbonato de potássio (ou de sódio), em conjunto com de 0 a 30% em massa de um lubrificante sólido.

3. Método de fabricação de tubos sem costura, de acordo com a

reivindicação 2, onde o lubrificante sólido é grafita, mica ou uma mistura dos mesmos.

4. Método de fabricação de tubos sem costura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, onde a referida primeira etapa de
- 5 revestimento é realizada com uma barra de mandril de 100 a 400 °C, e a referida segunda etapa de revestimento é realizada com uma barra de mandril de 60 a 150 °C.

5. Método de fabricação de tubos sem costura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, onde o material da referida casca
- 10 oca é um aço-liga contendo 5% em massa ou mais de Cr ou um aço inoxidável.



FIG. 1 (A)

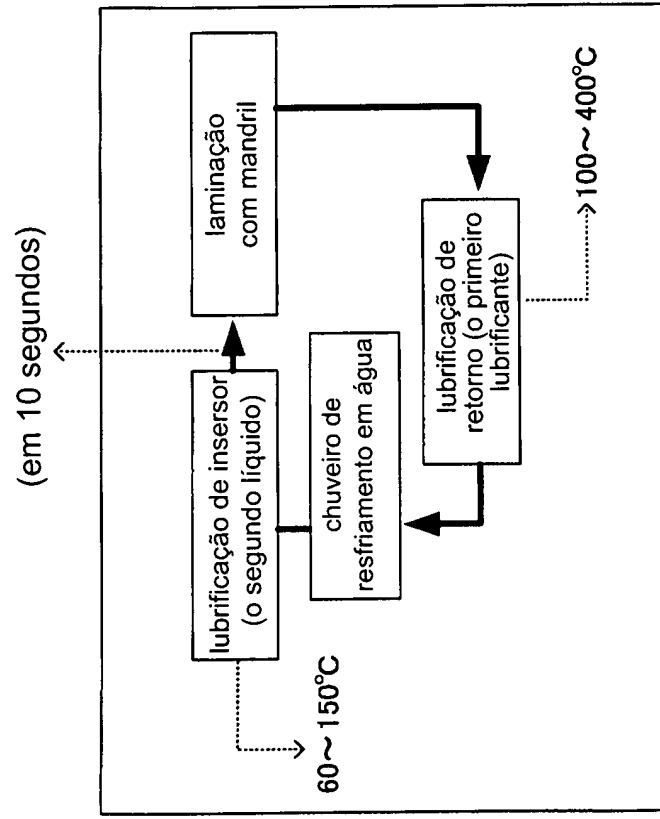


FIG. 1 (B)

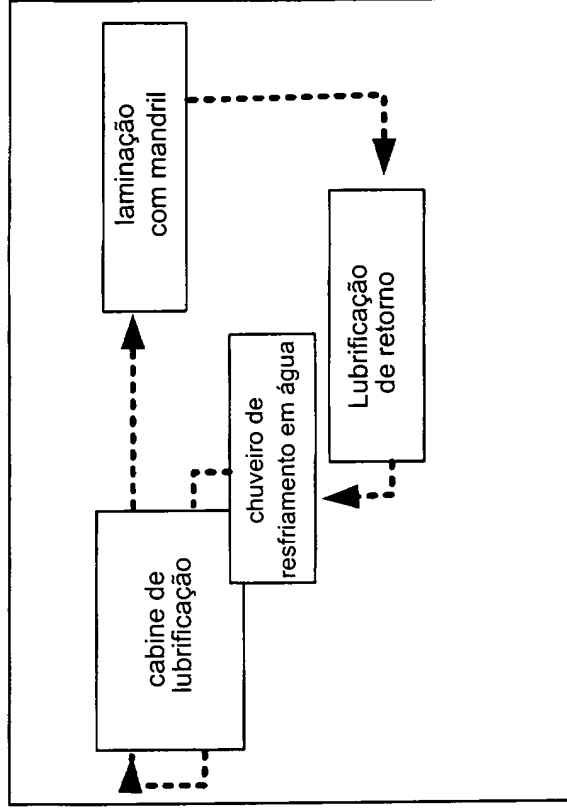
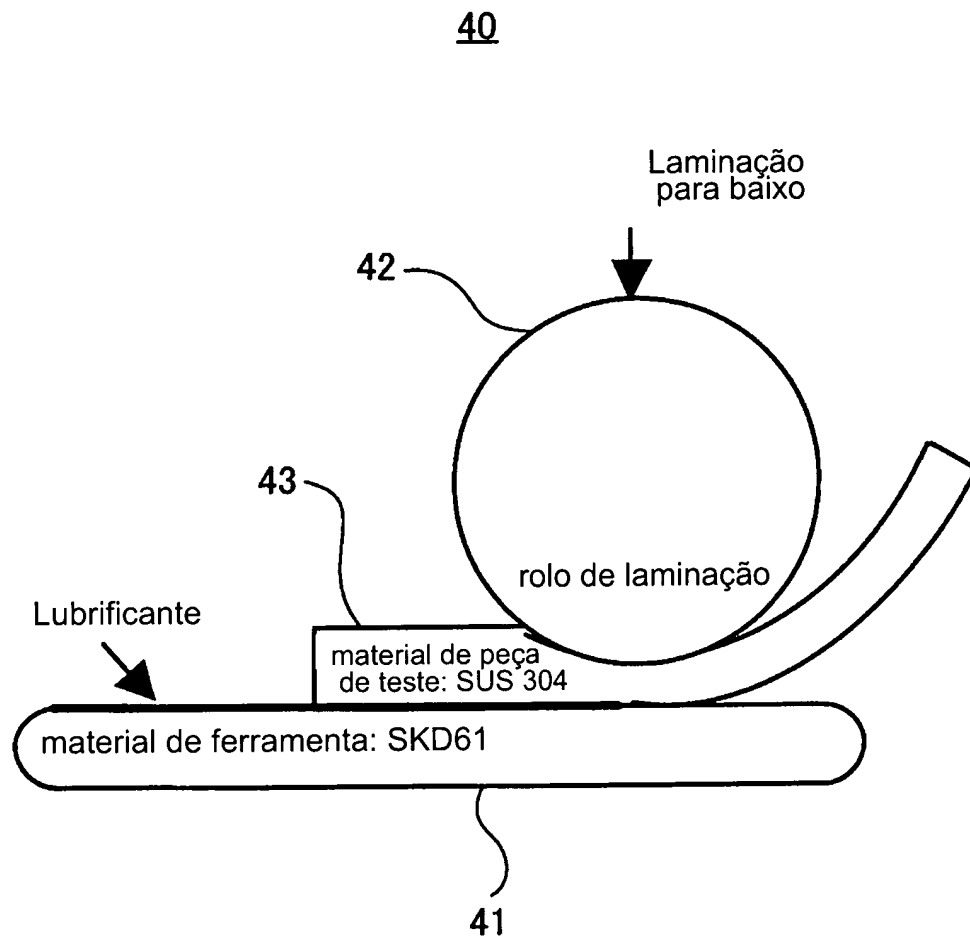


FIG. 2





## RESUMO

Patente de Invenção: "MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE TUBO SEM COSTURA".

A presente invenção refere-se a um método de fabricação de tubos sem costura compreendendo as etapas de: a primeira etapa de revestimento para a formação de um revestimento resistente à água pela aplicação de um primeiro líquido sobre uma superfície de uma barra de mandril imediatamente após o processo prévio de laminação com alongamento; uma etapa de resfriamento em água para resfriamento em água da barra de mandril tratada pela primeira etapa de revestimento; uma segunda etapa de revestimento para aplicação de um segundo líquido contendo um lubrificante inorgânico o qual é excelente em fluidez à alta temperatura na superfície da barra de mandril tratada pela etapa de resfriamento em água, então, fazer o segundo líquido permear no revestimento resistente à água para proporcionar a ele uma adesão à alta temperatura, e uma etapa de laminação com alongamento.

Esta etapa de laminação com alongamento é caracterizada pelo fato de a laminação com alongamento de uma casca oca deve ser começada em 10 segundos após a segunda etapa de revestimento pelo uso da barra de mandril.