

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

(21) PI 0720912-6 A2



* B R P I 0 7 2 0 9 1 2 A 2 *

(22) Data de Depósito: 27/12/2007

(43) Data da Publicação: 29/07/2014
(RPI 2273)

(51) Int.Cl.:

B21B 19/04

C21D 8/10

C22C 38/00

C22C 38/58

(54) Título: MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO DE AÇO SEM COSTURA A PARTIR DE UM TARUGO FEITO DE LIGA COM ALTO TEOR DE CR E ALTO TEOR DE NI. **(57) Resumo:**

(30) Prioridade Unionista: 28/12/2006 JP 2006-353578

(73) Titular(es): Sumitomo Metal Industries, LTD.

(72) Inventor(es): Kazuhiro Shimoda, Naoya Hirase, Tomio Yamakawa

(74) Procurador(es): Araripe & Associados

(86) Pedido Internacional: PCT JP2007075123 de 27/12/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/081866de
10/07/2008

"MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO DE AÇO SEM COSTURA A PARTIR DE UM TARUGO FEITO DE LIGA COM ALTO TEOR DE CR E ALTO TEOR DE NI".

Campo da Técnica

5 A presente invenção refere-se a um método para laminar por perfuração um tarugo de aço-liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado.

Antecedentes

10 Na fabricação de um tubo ou cano de aço sem costura (doravante denominado neste documento, em geral, como "tubo"), o sistema de laminação com mandril da Mannesmann, sistema de fresa automática da Mannesmann, sistema de laminação da Mannesmann-Assel ou similares é usado para perfurar e laminar um tarugo com um corte redondo utilizando uma fresa de perfuração. Os métodos de fabricação de um tubo sem costura através desses sistemas da Mannesmann incluem:

15 perfurar e laminar um tarugo, aquecer a uma temperatura predeterminada em um forno de aquecimento, utilizando um fresa de perfuração tipo rolo inclinado;

 expandir e reduzir a espessura radial do tubo oco resultante utilizando um alongador, tal como, uma fresa com mandril e uma fresa automática;

20 reduzir o diâmetro externo do estoque de tubo oco utilizando uma fresa de laminação, tal como, redutor de estiramento e fresa calibradora, resultando em um produto de tubo de aço acabado.

 Com relação aos métodos de produção de um tubo de aço sem costura, são apresentadas várias invenções.

25 Por exemplo, o documento de patente 1 apresenta uma invenção relacionada à fabricação de um estoque de tubo para um tubo de aço sem costura ao laminar e perfurar um tarugo de aço-liga com alto teor de Cr que contém Cr em 9% ou mais, por peso, utilizando um fresa de perfuração após aquecer o tarugo em um forno de aquecimento, caracterizado por laminar o tarugo em tal condição que não ocorra δ -ferrita na estrutura metálica do

estoque de tubo. Um Exemplo do documento de patente 1 descreve a fabricação de um tubo de aço sem costura de um aço com 12% de Cr.

O documento de patente 2 apresenta uma invenção relacionada à perfuração e laminação de um tubo de aço sem costura feito de aço com alto teor de carbono contendo, por
5 porcentagem de massa, C de 0,95 a 1,10% após o aquecimento do tarugo, caracterizado pelo fato de que a temperatura de aquecimento do tarugo é ajustada a 1200°C ou menos, e uma taxa de alongamento média ϵ_{AV} na direção axial é ajustada a 2,0 seg^{-1} ou menos. Um Exemplo do documento de patente 2 descreve a produção de um tubo de aço sem costura de um aço equivalente a SUJ-2.

10 Nos últimos anos, produtos tubulares petrolíferos, tubos de caldeira, e similares são usados em ambientes cada vez mais agressivos. Por isso, as propriedades requeridas para os tubos de aço sem costura usados pelos tubos estão se tornando altamente exigentes. Os tubos usados em poços de petróleo estão ficando mais profundos e os ambientes muito mais corrosivos. Os tubos exigem maior resistência e maior resistência à corrosão. A
15 resistência à corrosão superior em água pura em alta temperatura e água quente inclusive Cl^- , especialmente resistência ao craqueamento atribuível à corrosão sob tensão são exigidas pelos tubos usados em instalações de geração de energia nuclear, usinas químicas, e similares. Portanto, os tubos de aço sem costura feitos de aços de alta liga contendo grandes quantidades de Cr, Ni e ainda Mo, estão se tornando populares.

20 [Documento de patente 1] JP H10-180312A

[Documento de patente 2] JP 2001-137913A

Descrição da Invenção

Problemas a serem Solucionados pela Invenção

25 Um aço-liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo Mo possui uma resistência à deformação de aproximadamente 2,4 vezes aquela de aço carbono, e aproximadamente duas vezes aquela de um aço com 13% de Cr e um aço BBS, e assim, a processabilidade na perfuração e laminação piora. Isso, por sua vez, piora a vida útil de um mandril usado para laminação de perfuração. Ademais, o torque de laminação aumenta e a

sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni descrito abaixo.

(1) Um método para fabricar um tubo de aço sem costura a partir de um tarugo feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni, que contém, por porcentagem de massa, 20 a 30 % de Cr, 30 a 50 % de Ni, e pelo menos um elemento selecionado a partir de Mo e W com um valor “Mo + 0,5 W” de 1,5 % ou mais, caracterizado pelo fato de que:

aquece o tarugo sob condições que satisfazem a seguinte fórmula (1), e então: perfurar e laminar o tarugo utilizando a fresa de perfuração do tipo rolo inclinado com uma velocidade circunferencial do sulco do rolo de 2,28 m/seg ou mais:

$$T \leq 1575 - 4.45 \times V_f - 104.7 \times \{-\ln(t_h/r_o)\} \quad (1)$$

em que T indica uma temperatura de aquecimento (°C) do tarugo, V_f indica a velocidade circunferencial do sulco do rolo (m/seg), r_o indica um raio (mm) de um tarugo de um lado de entrada, e t_h indica uma espessura radial (mm) de um tubo após a perfuração.

(2) O método de fabricação de um tubo de aço sem costura de acordo com aquele descrito acima (1), onde a temperatura de aquecimento do tarugo está em uma faixa entre 1180 e 1250°C.

(3) O método de fabricação de um tubo de aço sem costura de acordo com aquele descrito acima (1) ou (2), onde a velocidade circunferencial do sulco do rolo é ajustada para 2,28 m/seg ou mais e 4,6 m/seg ou menos.

(4) O método de fabricação de um tubo de aço sem costura de acordo com qualquer um daqueles descritos acima (1) a (3), onde a perfuração é realizada em uma razão de perfuração de 3 ou menos.

(5) O método de fabricação de um tubo de aço sem costura de acordo qualquer um daqueles descritos acima (1) a (4), onde o tarugo possui um comprimento de 7 m ou menos.

(6) O método de fabricação de um tubo de aço sem costura de acordo qualquer um daqueles descritos acima (1) a (5), onde o tarugo contém, por porcentagem de massa, C: 0,04% ou menos, Si: 0,5% ou menos, Mn: 0,01 a 3,0%, P: 0,03% ou menos, S: 0,03% ou menos, Ni: 30 a 50%, Cr: 20 a 30%, Cu: 0,01 a 1,5%, Al: 0,20% ou menos, N: 0,0005 a

0,2%, Ca: 0,01 % ou menos, e pelo menos um elemento selecionado a partir de Mo: 10% ou menos e W: 20% ou menos, e o equilíbrio: Fe e impurezas.

Efeitos da Invenção

O método de fabricação de um tubo de aço sem costura da presente invenção impede a erupção fundida sobre a superfície interna causada por fusão para delimitação de grão e a invenção aumenta a vida útil do mandril, quando um tarugo feito de uma liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo Mo, que possui deformabilidade insatisfatória e resistência extremamente grande contra deformação, for perfurado e laminado pela fresa de perfuração do tipo rolo inclinado.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 é um diagrama que exemplifica um aparelho de fabricação de um tubo de aço sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni utilizando um rolo tipo cone.

A Figura 2 é um diagrama que exemplifica um aparelho de fabricação de um tubo de aço sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni utilizando um rolo tipo tambor.

Descrição das referências numéricas

- | | |
|-----------------|-------------------------------|
| 1. | Tarugo |
| 11, 12, 13, 14. | Rolo |
| 2. | Mandril |
| 31. | Superfície lateral de entrada |
| 32. | Superfície lateral de saída |
| 4. | Estoque de tubo |
| G. | Sulco de rolo |

Melhor Modo para Realizar a Invenção

(a) Composição química de um tarugo

Um tarugo aplicado ao método para fabricar um tubo de aço sem costura da presente invenção contém 20 a 30 % de Cr, 30 a 50 % de Ni, e pelo menos um elemento

temperatura é bastante aumentada pela geração de calor sobre a perfuração. O aumento de temperatura durante a perfuração e laminação apresenta o problema de craqueamento por fusão para delimitação de grão (erupção fundida sobre a superfície interna) que ocorre dentro da espessura radial.

5 Esse problema em parte alguma é descrito ou sugerido no documento de patente 1, esse visa um tubo de aço com 12% de Cr, e o documento patente 2, esse visa um tubo de aço equivalente a SUJ-2. Nenhum documento foi encontrado referente aos problemas exclusivos de tubos de aço sem costura feitos de aços-liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo Mo. Nenhum documento referente à temperatura de aquecimento de tarugo
10 apropriada determinada pela relação entre a velocidade circunferencial de laminação e a razão de trabalho da espessura radial foi encontrado para solucionar os problemas associados aos tubos de aço sem costura.

 Os presentes inventores realizaram um estudo detalhado da relação entre a temperatura de aquecimento e a velocidade circunferencial de laminação no processo de
15 fabricação do tubo de aço sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo Mo, para solucionar o problema de erupção fundida sobre a superfície interna. Entretanto, esses não conseguiram impedir completamente a erupção fundida sobre a superfície interna simplesmente ao ajustar a dita relação. Entretanto, a redução da velocidade de laminação inibe o processamento de calor, porém ocorrem problemas que incluem período
20 de tempo prolongado de laminação e deterioração extrema da vida útil do mandril devido à resistência à deformação aumentada do material que será laminado.

 Um objetivo da presente invenção é proporcionar um método para fabricar um tubo de aço sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni capaz de impedir a erupção fundida sobre a superfície interna de um estoque de tubo após ser perfurada
25 utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado ao mesmo tempo em que prolonga a vida útil do mandril.

Meios para Solucionar os Problemas

O objetivo da presente invenção é um método para fabricar um tubo de aço

selecionado a partir de Mo e W com um valor “Mo + 0,5 W” de 1,5 % ou mais.

Cr: 20 a 30%

Cr é um elemento que aumenta a resistência à corrosão e o teor é ajustado para 20% ou mais. Quando o teor excede 30%, a trabalhabilidade a quente é afetada de modo
5 adverso. Devido a isso, o teor de Cr foi ajustado entre 20% e 30%.

Ni: 30 a 50%

Ni é um elemento eficaz que aumenta a resistência à corrosão e o teor é ajustado para 30% ou mais. Entretanto, esse efeito é saturado quando o teor excede 50%. Devido a isso, o teor de Ni foi ajustado entre 30% e 50%.

10 Mo + 0,5 W: 1,5% ou mais

Mo e W são elementos que aumentam a resistência à corrosão localizada, e um ou ambos podem ser adicionados. Entretanto, esse efeito não pode ser obtido quando o valor de “Mo + 0,5 W” for menor que 1,5%, e devido a isso, Mo + 0,5 W é 1,5% ou mais. Embora o limite superior de Mo + 0,5 W não seja particularmente especificado, um aumento
15 excessivo apenas satura o efeito. Devido a isso, Mo + 0,5 W é desejavelmente 10% ou menos.

O tarugo pode conter os seguintes elementos de liga além dos elementos de liga descritos acima. Uma faixa desejável de teor de cada elemento e a razão da limitação será explicada abaixo.

20 C: 0,04% ou menos

C forma carbeto com Cr, Mo, Fe, e similares, o aumento do teor de C causa a deterioração da ductilidade e tenacidade. Devido a isso, o teor de C é desejavelmente limitado a 0,04% ou menos.

Si: 0,5% ou menos

25 Si impede a geração da fase sigma e suprime a deterioração de ductilidade e tenacidade, portanto, o teor de S é desejavelmente o menor possível. Devido a isso, o teor de Si é desejavelmente limitado a 0,5% ou menos.

Mo: 0,01 a 3,0%

Mn aumenta a trabalhabilidade a quente. Então, é desejável conter 0,01 % ou mais de Mn, porém a deterioração da resistência à corrosão pode ocorrer se o teor de Mn for excessivo, portanto, o teor de Mn é desejavelmente ajustado para 3,0% ou menos. Portanto, quando Mn estiver presente, o teor de Mn é, de preferência, 0,01 a 3,0%. Em particular, no caso onde a geração da fase σ - for problemática, o teor de Mn é desejavelmente ajustado para 0,01 a 1,0%.

P: 0,03 % ou menos

P está contido no aço geralmente como uma impureza e afeta de modo adverso a trabalhabilidade a quente, etc., do aço. Devido a isso, o teor de P é desejavelmente limitado a 0,03 % ou menos.

S: 0,03 % ou menos

S também está contido no aço como uma impureza e afeta de modo adverso a tenacidade, etc., do aço. Devido a isso, o teor de S é desejavelmente limitado a 0,03 % ou menos.

Cu: 0,01 a 1,5 %

Cu é um elemento eficaz para aumentar a resistência de fluência e ruptura e o teor é, de preferência, ajustado para 0,01 % ou mais. Entretanto, quando o teor de Cu exceder 1,5%, a ductilidade da liga por se deteriorar. Devido a isso, o teor de Cu é desejavelmente limitado a 0,01 a 1,5%.

Al: 0,20 % ou menos

Al é eficaz como um material de desoxidação, porém promove a formação de um composto intermetálico, tal como, uma fase sigma. Devido a isso, o teor de Al é desejavelmente limitado a 0,20 % ou menos.

N: 0,0005 a 0,2 %

N é um elemento eficaz para um reforço de solução sólida, contribui para uma resistência maior, e também suprime a formação de um composto intermetálico, tal como, uma fase sigma, desse modo, aumenta a tenacidade. Devido a isso, o teor de N é desejavelmente 0,0005 % ou mais. Entretanto, quando o teor de N excede 0,2 %, a resistência

à corrosão pode se deteriorar. Devido a isso, o teor de N é desejavelmente 0,0005 a 0,2%.

Ca: 0,005% ou menos

Ca fixa S, que prejudica a trabalhabilidade a quente, como um sulfeto, porém quando o teor de Ca for excessivo, a trabalhabilidade a quente se deteriora. Devido a isso, o
5 teor de Ca é desejavelmente limitado a 0,005% ou menos.

(b) Condições para perfuração e laminação utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado

1. Condição de aquecimento

No método de fabricação de um tubo de aço sem costura feito de liga com alto
10 teor de Cr e alto teor de Ni da presente invenção, o tarugo é aquecido sob condições que satisfazem a seguinte fórmula (1), e então a laminação de perfuração é realizada em uma velocidade circunferencial do sulco do rolo de 2,28 m/seg ou mais.

$$T \leq 1575 - 4.45 \times V_f - 104.7 \times \{-\ln(t_h/r_o)\} \quad (1)$$

em que T indica uma temperatura de aquecimento (°C), V_f indica a velocidade
15 circunferencial do sulco do rolo (m/seg), r_o indica um raio (mm) de um tarugo em um lado de entrada, e t_h indica uma espessura radial (mm) de um tubo após a perfuração.

Esse se destina a derivar a temperatura de ajuste do forno de aquecimento a partir de uma fórmula da relação entre a deformação logarítmica de processamento de espessura radial $\{-\ln(t_h/r_o)\}$ e a velocidade circunferencial de laminação (V_f) na perfuração e
20 laminação utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado. Ou seja, satisfaz a fórmula (1) e aumenta a temperatura de aquecimento quando a processabilidade for relativamente pequena e aumenta a velocidade de perfuração, desse modo, reduzindo a carga sobre o fresa, aumentando a eficiência, e encurtando o tempo de contato de mandril. Como resultado, a vida útil do mandril aumenta.

25 A temperatura de aquecimento antes da fresa com mandril inclinada está particularmente, de maneira desejável, em uma faixa de 1180 a 1250°C. Mesmo que a temperatura de aquecimento satisfaça a fórmula (1), a menos de 1180°C a resistência à deformação aumenta, resultando em uma possibilidade de carga de perfuração aumentada.

Isso pode causar restrições da capacidade da fresa de perfuração do tipo rolo inclinado. Em um excesso de 1250°C, é provável que ocorra erupção fundida sobre a superfície interna causada por fusão para delimitação de grão.

5 A redução da velocidade circunferencial do sulco do rolo causa o aumento do tempo de perfuração e laminação, assim, encurtando a vida útil do mandril e reduzindo a eficiência de produção. Devido a isso, a velocidade circunferencial do sulco do rolo é ajustada para 2,28 m/seg ou mais. Embora o limite superior da velocidade circunferencial do sulco do rolo não seja particularmente especificado, um aumento excessivo facilita a erupção fundida sobre a superfície interna causada por fusão para delimitação de grão. Devido a isso,
10 a velocidade circunferencial do sulco do rolo é desejavelmente ajustada para 4,6 m/seg ou menos.

As Figuras 1 e 2 são diagramas padrão que exemplificam os aparelhos para realizar um método de fabricação de um tubo de aço sem costura feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni da presente invenção; A Figura 1 é um exemplo que utiliza uma
15 laminação do tipo para milho e a Figura 2 é um exemplo que utiliza uma laminação tipo tambor-. Como mostrado na Figura 1 e Figura 2, um tarugo 1 procede da esquerda para a direita nas figuras e é acunhado pelos rolos de rotação 11 e 12 (rolos 13 e 14 na Figura 2) enquanto é perfurado por um mandril 2 até o final como um estoque de tubo 4.

Como usado aqui, a “sulco de rolo” se refere a uma posição onde a distância
20 entre um par de rolos se torna menor. Por exemplo, no caso dos cilindros 11 e 12 do tipo para milho mostrados na Figura 1, uma posição G que conecta pontos onde uma superfície de entrada 31 e uma superfície de saída 32 se cruzam é no sulco de rolo, enquanto no caso dos rolos tipo tambor mostrados na Figura 2, uma posição G onde o diâmetro de rolo se torna máximo é no sulco de rolo.

25 O estoque de tubo após a perfuração e laminação, utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado possui, desejavelmente, um comprimento de 7 m ou menos. Isso se deve ao fato de a vida útil do mandril estar estreitamente relacionada à resistência à deformação do tarugo e o tempo de perfuração. Ou seja, um longo período de perfuração

torna a carga de mandril grande, e assim, o mandril é fundido e isso causa perfuração errada tal como obstrução de mandril durante a perfuração e laminação; mesmo que a perfuração e laminação possam ser realizadas, a parte de ponta de um mandril é abradada e o tambor de mandril fica marcado, resultando em uma possibilidade que o mandril pode não estar em um estado usável na próxima laminação.

Exemplo 1

O seguinte experimento foi realizado para confirmar os efeitos da presente invenção. Tarugos que possuem um diâmetro de 225 mm e comprimento de 2 a 4 m foram produzidos. Os tarugos foram feitos de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo, por porcentagem de massa, C: 0,019%, Cr: 26,0%, Ni: 32,3%, Mo: 3,2%, P: 0,028%, e o equilíbrio é Fe e impurezas. Os tarugos foram aquecidos a 1180–1260°C, e então submetidos a um experimento de perfuração e laminação utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado com uma razão de perfuração de 1,5 a 3,0 e uma velocidade circunferencial do sulco do rolo de 2,28 a 5,31 m/s. A Tabela 1 mostra os resultados de avaliações de erupção fundida sobre a superfície interna dos tubos de aço que foram obtidas por vários métodos de fabricação.

TABELA 1

Nº	Temp. de aquecimento dos lingotes	Razão de Perfuração	Valor da Fórmula (1)	Adequação	$-\ln(t_h/t_o)$	Velocidade do Rolo	Avaliação do craqueamento em fusão
	(°C)					V_f (m/seg.)	
1	1180,0	1,5	1.269,6	adequado	2,82	2,28	○
2	1180,0	1,5	1.259,5	adequado	2,82	4,55	○
3	1180,0	2,0	1.232,1	adequado	3,13	3,41	○
4	1180,0	3,0	1.223,9	adequado	3,16	4,55	○

5	1180,0	3,0	1.179,7	inadequado	3,55	5,31	×
6	1180,0	3,5	1.176,4	inadequado	3,71	2,28	×
7	1200,0	1,5	1.269,6	adequado	2,82	2,28	○
8	1200,0	1,5	1.259,5	adequado	2,82	4,55	○
9	1200,0	2,0	1.232,1	adequado	3,13	3,41	○
10	1200,0	3,0	1.223,9	adequado	3,16	4,55	○
11	1200,0	3,0	1.193,2	inadequado	3,55	2,28	×
12	1200,0	3,5	1.166,3	inadequado	3,71	4,55	×
13	1210,0	1,4	1.272,9	adequado	2,74	3,41	○
14	1210,0	1,4	1.264,5	adequado	2,74	5,31	○
15	1210,0	2,0	1.232,1	adequado	3,13	3,41	○
16	1210,0	3,0	1.223,9	adequado	3,16	4,55	○
17	1210,0	2,5	1.208,0	inadequado	3,36	3,41	×
18	1210,0	2,5	1.203,0	inadequado	3,36	4,55	×
19	1220,0	1,4	1.278,0	adequado	2,74	2,28	○
20	1220,0	1,4	1.267,9	adequado	2,74	4,55	○
21	1220,0	2,0	1.237,1	adequado	3,13	2,28	○
22	1220,0	2,0	1.227,0	adequado	3,13	4,55	○
23	1220,0	2,5	1.208,0	inadequado	3,36	3,41	×
24	1220,0	2,5	1.206,3	inadequado	3,36	3,79	×
25	1230,0	1,4	1.278,0	adequado	2,74	2,28	○
26	1230,0	1,4	1.267,9	adequado	2,74	4,55	○
27	1230,0	2,0	1.237,1	adequado	3,13	2,28	○
28	1230,0	2,0	1.227,0	inadequado	3,13	4,55	×
29	1230,0	2,5	1.213,1	inadequado	3,36	2,28	×
30	1230,0	2,5	1.203,0	inadequado	3,36	4,55	×
31	1240,0	1,4	1.267,9	adequado	2,74	4,55	○

32	1240,0	1,4	1.272,9	adequado	2,74	3,41	○
33	1240,0	2,0	1.237,1	inadequado	3,13	2,28	×
34	1240,0	2,0	1.232,1	inadequado	3,13	3,41	×
35	1240,0	2,5	1.213,1	inadequado	3,36	2,28	×
36	1240,0	2,5	1.208,0	inadequado	3,36	3,41	×
37	1250,0	1,4	1.278,0	adequado	2,74	2,28	○
38	1250,0	1,4	1.272,9	adequado	2,74	3,41	○
39	1250,0	1,8	1.249,7	inadequado	3,01	2,28	×
40	1250,0	2,0	1.232,1	inadequado	3,13	3,41	×
41	1250,0	2,5	1.213,1	inadequado	3,36	2,28	×
42	1250,0	2,5	1.208,0	inadequado	3,36	3,41	×
43	1260,0	1,6	1.252,2	inadequado	2,89	4,55	×
44	1260,0	3,2	1.185,8	inadequado	3,62	2,28	×

[Avaliação do craqueamento em fusão]

○: não existindo nenhum

craqueamento na fusão

×: existindo craqueamento na
fusão

A Tabela 1 indica que os exemplos N^{os} 1 a 4, 7 a 10, 13 a 16, 19 a 22, 25 a 27, 31, 32, 37 e 38, que satisfizeram a relação representada pela fórmula (1), não encontraram craqueamento por fusão, enquanto que os outros exemplos, que não satisfizeram a fórmula (1), encontraram craqueamento por fusão.

5

Exemplo 2

Ademais, tarugos, que possuem um diâmetro de 225 mm e um comprimento de 5 a 10 m foram produzidos. Os tarugos foram feitos de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo, por porcentagem de massa, C: 0,019%, Cr: 26,0%, Ni: 32,3%, Mo: 3,2%, P: 0,028%, e o equilíbrio é Fe e impurezas. Os tarugos foram aquecidos a 1210°C, e então

submetidos a um experimento de perfuração e laminação utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado com uma razão de perfuração de 1,7 a 2,3 e uma velocidade circumferencial do sulco do rolo de 3,5 m/s. Estoques de tubo que possuem comprimentos diferentes foram laminados e o número de passes foi contado até ocorrer uma perda por fusão sobre a parte de ponta dos mandris resultando em um estado não-usável na próxima laminação. Como indicado abaixo, a vida útil do mandril foi visivelmente reduzida em comprimentos de estoque de tubo com mais 7 m.

	Comprimento de estoque de tubo	Número de passes
	5 m	4
10	6 m	4
	7 m	3
	8 m	1
	9 m	0
	10 m	0

15 **Aplicabilidade Industrial**

O método de fabricação de um tubo de aço sem costura da presente invenção previne a erupção fundida sobre a superfície interna causada por fusão para delimitação de grão e a invenção aumenta a vida útil do mandril, quando um tarugo feito de uma liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni contendo Mo, que possui deformabilidade insatisfatória e resistência extremamente grande contra deformação, for perfurado e laminado pela fresa de perfuração do tipo rolo inclinado.

REIVINDICAÇÕES

1. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura a partir de um tarugo feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni, que contém, por porcentagem de massa, 20 a 30 % de Cr, 30 a 50 % de Ni, e pelo menos um elemento selecionado a partir de Mo e W com um valor “Mo + 0,5 W” de 1,5 % ou mais, **CARACTERIZADO** pelo fato de:

aquecer o tarugo sob condições que satisfazem a seguinte fórmula (1), e então perfurar e laminar o tarugo utilizando uma fresa de perfuração do tipo rolo inclinado com uma velocidade circunferencial de sulco de rolo de 2,28 m/seg ou mais:

$$T \leq 1575 - 4.45 \times V_f - 104.7 \times \{-\ln(t_h/r_o)\} \quad (1)$$

em que T indica uma temperatura de aquecimento (°C) do tarugo, V_f indica a velocidade circunferencial do sulco do rolo (m/seg), r_o indica um raio (mm) de um tarugo em um lado de entrada, e t_h indica uma espessura radial (mm) de um tubo após a perfuração. 2.

2. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a temperatura de aquecimento do tarugo está em uma faixa entre 1180 e 1250°C.

3. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a velocidade circunferencial do sulco do rolo é ajustada para 2,28 m/seg ou mais e 4,6 m/seg ou menos.

4. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a perfuração é realizada em uma razão de perfuração de 3 ou menos.

5. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tarugo possui um comprimento de 7 m ou menos.

6. Método de fabricação de um tubo de aço sem costura, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, **CARACTERIZADO** pelo fato de que o tarugo contém, por porcentagem de massa, C: 0,04% ou menos, Si: 0,5% ou menos, Mn: 0,01 a

3,0%, P: 0,03% ou menos, S: 0,03% ou menos, Ni: 30 a 50%, Cr: 20 a 30%, Cu: 0,01 a 1,5%, Al: 0,20% ou menos, N: 0,0005 a 0,2%, Ca: 0,01% ou menos, e pelo menos um elemento selecionado a partir de Mo: 10% ou menos e W: 20% ou menos, e o equilíbrio: Fe e impurezas.

Fig. 1

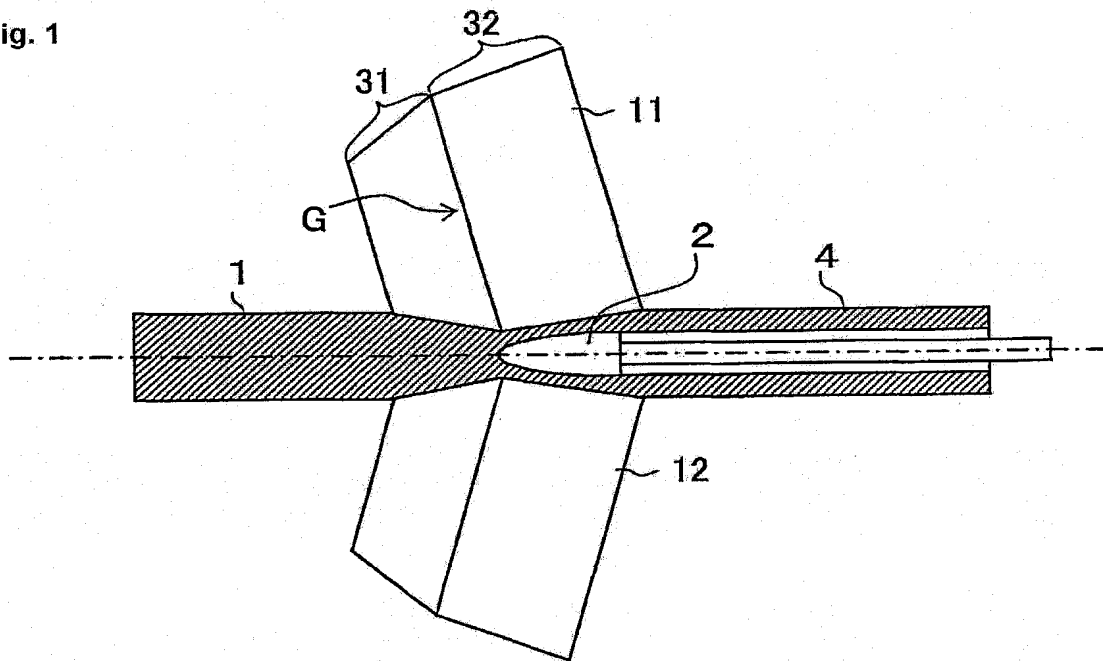
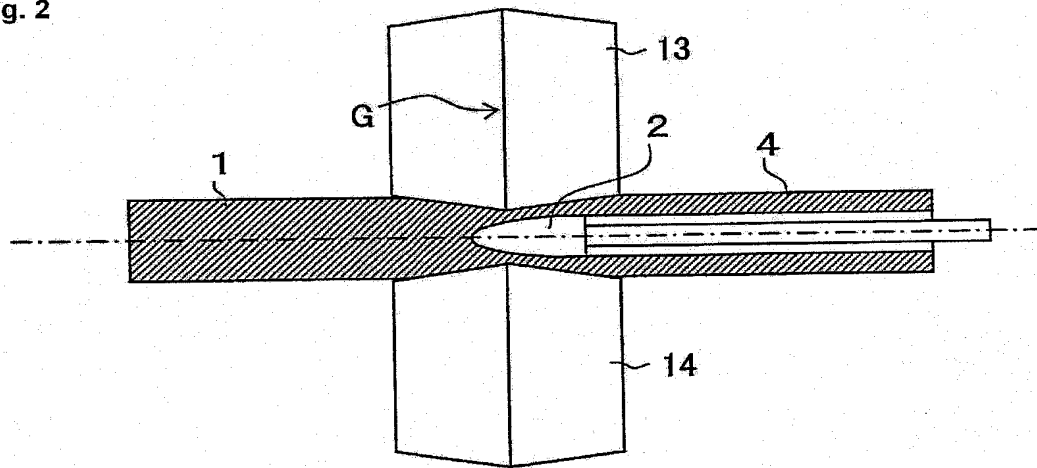


Fig. 2



RESUMO**"MÉTODO DE FABRICAÇÃO DE UM TUBO DE AÇO SEM COSTURA A PARTIR DE UM TARUGO FEITO DE LIGA COM ALTO TEOR DE CR E ALTO TEOR DE NI".**

Trata-se de um tarugo feito de liga com alto teor de Cr e alto teor de Ni, que contém, por porcentagem de massa, 20 a 30 % de Cr, 30 a 50 % de Ni, e pelo menos um elemento selecionado a partir de Mo e W com um valor "Mo + 0,5 W" de 1,5 % ou mais é aquecido sob condições que satisfazem a seguinte fórmula (1), e então o tarugo é perfurado e laminado utilizando um fresa de perfuração do tipo rolo inclinado com uma velocidade circunferencial do sulco do rolo de 2,28 m/seg ou mais. Isso impede erupção fundida sobre a superfície interna e aumenta a vida útil do mandril.

$$T \leq 1575 - 4.45 \times V_f - 104.7 \times \{-\ln(t_h/r_o)\} \quad (1)$$

em que T indica uma temperatura de aquecimento (°C) do tarugo, V_f indica a velocidade circunferencial do sulco do rolo (m/seg), r_o indica um raio (mm) de um tarugo em um lado de entrada, e t_h indica uma espessura radial (mm) de um tubo após a perfuração.