



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

(11) PI 0616367-0 B1

(22) Data do Depósito: 18/08/2006

(45) Data de Concessão: 28/11/2017



(54) Título: TUBO DE AÇO DE PRECISÃO PRODUZIDO A FRIO

(51) Int.Cl.: C21D 9/08; C21D 9/14; C21D 1/25; C21D 6/00; C22C 38/04

(30) Prioridade Unionista: 21/09/2005 DE 10 2005 046 459.9

(73) Titular(es): MANNESMANN PRÄZISROHR GMBH

(72) Inventor(es): JOSEF SIEKMEYER; WOLFGANG MUSSMANN; LOTHAR SEE; SVEN HERZIG

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"TUBO DE AÇO DE PRECISÃO PRODUZIDO A FRIO"**.

[001] A invenção refere-se a um tubo de aço de precisão produzido a frio, especialmente estirado a frio, para a aplicação especialmente como tubo cilíndricos submetido à pressão.

[002] Nesse contexto são considerados especialmente tubos de aço de precisão segundo a DIN EN 10305, partes 1 e 2, que, no estado operacional sob alta pressão interna, como por exemplo tubos cilíndricos, são empregados no campo da hidráulica ou pneumática.

10 [003] O processo de produção básico de tubos de aço de precisão estirados a frio, sem costura ou soldados, é descrito, por exemplo, no Stahlrohr Handbuch, 12ª edição, 1995, Vulkan Verlag, Essen.

[004] Os tubos assim produzidos se distinguem especialmente por tolerâncias estreitas quanto à espessura de parede e ao diâmetro.

15 [005] O produto de partida pode ser um tubo preliminar laminado a quente, produzido sem costura, ou produzido a partir de uma faixa quente por meio de soldagem por indução de alta frequência (soldagem HFI).

[006] Esse tubo preliminar designado de lingote é estirado no processo de estiramento a frio subsequente para a dimensão final exigida (diâmetro, espessura de parede) para formar um tubo pronto, processo este que pode conter uma ou várias etapas.

[007] Devido à moldagem a frio ocorre um endurecimento do material, isto é, o seu limite de estiramento e resistência é aumentado, enquanto que ao mesmo tempo se tornam menores os seus valores de dilatação e de tenacidade.

25 [008] Esse é um efeito desejável para muitos fins de aplicação. No entanto, devido a menor capacidade de mudança de forma, antes de outros processos de moldagem eventualmente é necessário um tratamento térmico de recristalização, para tornar o material novamen-

30

te moldável a frio para o processo de estiramento seguinte.

[009] As propriedades dos tubos de aço de precisão produzidos desse modo são descritas na DIN EN 10305, partes 1 e 2.

[0010] Como tipos de aço podem ser empregados tanto os aços
5 de qualidade não ligados até E 355, quanto de qualidades de alta resistência até StE 690.

[0011] Para o uso desses tubos que se encontram sob alta pressão interna, como por exemplo, tubos hidráulicos cilíndricos, são colocadas exigências rigorosas quanto à tenacidade dos mesmos. Cilindros hidráulicos controlam evoluções de movimentação em muitos aparelhos e máquinas, que, entre outros, também são empregados ao ar livre a grandes diferenças de temperatura.

[0012] Sob condições de temperatura de até -20°C, devido a tendências de fragilidade quanto a uma ruptura em cilindros ou tubos dos
15 materiais atuais que se encontram sob pressão, não se pode excluir com segurança o risco de danos a pessoas e a coisas.

[0013] Testes mostraram que também a exigência usual até hoje de 27 J de trabalho de choque em peças entalhadas, a -20°C, em amostras normatizadas não é suficiente para excluir com alta segurança
20 uma falha no componente através de fragilidade de ruptura a essa temperatura.

[0014] Testes sistemáticos comparativos em tubos cilíndricos prontos para montagem, mediante a inclusão de testes de flexão pelo choque em peças entalhadas, testes de Drop-Weight-Tear e testes em
25 componentes mostram que somente para um valor mínimo do trabalho de choque em peças entalhadas que resulte em uma fração de 50% de ruptura por cisalhamento no teste DWT, é que se pode esperar uma ampla falha dúctil no componente.

[0015] No entanto, para os valores a serem obtidos no teste de
30 flexão pelo choque em peças entalhadas isso significa, por exemplo,

para um St52 um valor mínimo de cerca de 80 J à temperatura de utilização, que fornece ao componente reserva suficientes de deformação plástica e evita o risco de decomposição quebradiça do componente em várias partes.

5 [0016] No entanto, o trabalho de choque em peça entalhada determinado no teste de flexão pelo choque em peças entalhadas para o tubo pronto não pode ser elevado ao nível requerido por meio do processo de produção até hoje empregado.

[0017] Constitui objetivo da invenção apresentar um processo para
10 a produção de tubos de aço de precisão produzidos a frio, especialmente estirados a frio, para serem aplicados especialmente como tubos cilíndricos submetidos à pressão, com o qual se pode obter com segurança, de modo simples e econômico, uma recusa dúctil do tubo mesmo a temperaturas de uso de até -20°C.

15 [0018] Segundo a concepção da invenção, emprega-se um processo no qual o tubo preliminar é estirado até o final em uma ou mais etapas contínuas, sendo que antes do estiramento final, o tubo é submetido a um tratamento de refinamento e o tubo de aço apresenta a seguinte composição química (%):

20 C = 0,05 – 0,25
Si = 0,15 – 1,0
Mn = 1,0 – 3,5
Al = 0,020 – 0,060
V = máximo 0,20
25 N = máximo 0,150
S = máximo 0,030

[0019] com adição opcional de um ou mais elementos de liga, tais como Cr, Mo, Ni, W, Ti ou Nb, assim como impurezas devidas à fundição.

30 [0020] A adição opcional dos elementos de liga é determinada se-

gundo o perfil de propriedade requerido, isto é, especialmente de acordo com as propriedades mecânicas desejadas, e apresenta vantajosamente os seguintes teores (em % de peso):

5	Cr	máximo 0,80
	Mo	máximo 0,65
	Ni	máximo 0,90
	W	máximo 0,90
	Ti	máximo 0,20
	Nb	máximo 0,20

10 [0021] O tratamento de beneficiamento propriamente consiste em uma têmpera clássica com subsequente recozimento dos tubos. Ajustada ao respectivo material, a austenitização é executada a temperaturas de cerca de 910-940°C, seguida de um processo de resfriamento brusco que forma uma estrutura de têmpera. O resfriamento brusco
15 pode ser efetuado por meio de diferentes meios de resfriamento brusco; usualmente o resfriamento brusco é executado por meio de água através de um chuveiro d'água. No caso de se usar materiais que endurecem no ar, o resfriamento ocorre no ar em repouso, por exemplo.

[0022] Depois da têmpera, ocorre o tratamento de revenido que é
20 efetuado em função do material a temperaturas de cerca de 540-720°C.

[0023] A vantagem do processo proposto consiste em que através de uma etapa de beneficiamento antes do estiramento final, é gerada uma estrutura homogênea uniforme com tenacidade excelente, que no
25 essencial permanece conservada mesmo depois do estiramento final do tubo. Testes revelaram que os valores para o trabalho de choque em peça entalhada a -20°C e com uma fração de 50% de ruptura por cisalhamento no teste DWT situam-se em 80J excepcionais para amostras transversais e 100J para amostras longitudinais.

30 [0024] Um eventual recozimento final solicitado pelo cliente sob a

forma de um recozimento com pouca tensão depois do estiramento final contribui para um aperfeiçoamento repetido dos valores de trabalho de choque em peça entalhada e, conseqüentemente, da tenacidade no componente.

5 [0025] Em função do material, o recozimento final é executado vantajosamente em uma faixa de temperatura de 500 – 700 °C, sendo que deve-se atentar para que a fixação exata da temperatura deve ocorrer em função das propriedades do material a serem obtidas, tais como, por exemplo, resistência, alongamento de ruptura e trabalho de
10 choque em peça entalhada.

[0026] Testes em tubos produzidos com o processo de acordo com a invenção mostraram que a estrutura de ferrita-perlita, usualmente típica, dos aços de construção com diferenças pronunciadas no nível de trabalho de choque em peças entalhadas na direção transversal, bem como na direção longitudinal, não ocorre nos materiais gera-
15 dos com o processo de acordo com a invenção.

[0027] Nitidamente, isso é mostrado pelos resultados de testes apresentados na figura 1 para valores de trabalho de choque em peças entalhadas em tubos cilíndricos de StE460 mod. Tanto na direção
20 longitudinal, quanto na direção transversal, obtém-se um nível de trabalho de choque em peças entalhadas quase idêntico até cerca de 180J.

[0028] Conforme mostrado na figura 2, os componentes do tubo de aço StE 460 mod. produzidos de acordo com a invenção a temperaturas de até -20°C, em comparação com o tubo de aço produzido convencionalmente de StE 460 conv., apresentam uma fração suficientemente alta de comportamento de ruptura dúctil e, conseqüentemente, possuem reservas suficientes de deformação plástica para reduzir com
25 segurança o risco de uma decomposição do componente em várias
30 partes.

[0029] O conceito de material de acordo com a invenção permite, portanto, com segurança a operação de cilindros hidráulicos mesmo na faixa de temperatura até -20°C.

5 [0030] Como efeito colateral positivo em determinadas qualidades de aço pode-se destacar um aumento nítido dos valores de resistência. Isso possibilita vantajosamente uma redução da espessura de parede dos tubos cilíndricos em até 30% e, conseqüentemente, uma redução de peso que dê conta das exigências da construção leve.

10 [0031] Resumindo, cabe registrar que com o processo de produção de acordo com a invenção para tubos cilíndricos submetidos a pressão, impede-se com segurança uma falha de várias partes do componente mesmo a temperaturas de uso até -20°C e, além disso, torna-se possível uma redução da espessura de parede dos revestimentos cilíndricos de até 30%.

REIVINDICAÇÕES

1. Tubo de aço de precisão produzido a frio, especialmente estirado a frio, para a aplicação especialmente como tubo cilíndrico submetido à pressão, produzido por um processo caracterizado pelo
 5 fato de que como tubo preliminar é empregado um tubo de aço sem costura ou soldado com a seguinte composição química (% de peso):

C = 0,05 – 0,25

Si = 0,15 – 1,0

Mn = 1,0 – 3,5

10 Al = 0,020 – 0,060

V máximo 0,20

N máximo 0,15

S máximo 0,03

com adição opcional de um ou mais elementos de liga, de
 15 Cr, Mo, Ni, W, Ti ou Nb, assim como impurezas devido à fundição, com os seguintes teores (% de peso):

Cr máximo 0,80

Mo máximo 0,65

Ni máximo 0,90

20 W máximo 0,90

Ti máximo 0,20

Nb máximo 0,20,

o restante sendo ferro,

que um tubo preliminar com estado inicial definido sem cos-
 25 tura é estirado em uma etapa ou em várias etapas para formar um tubo pronto e o tubo é submetido a um tratamento de têmpera antes da etapa final, na qual o tubo é aquecido até uma temperatura de 910 – 940°C, é resfriado e, em seguida, é submetido a um tratamento de revenido em uma faixa de temperatura de 540 a 720 °C.

30 2. Tubo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pe-

lo fato de que o resfriamento é um resfriamento acelerado.

3. Tubo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que o resfriamento acelerado é um resfriamento brusco.

5 4. Tubo de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que o resfriamento brusco é efetuado por meio de um chuveiro d'água.

5. Tubo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o resfriamento ocorre em ar em repouso.

10 6. Tubo de acordo com uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o tubo já estirado é submetido a um recozimento final.

7. Tubo de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que o recozimento final é executado em uma faixa de temperatura de 500 a 700°C.

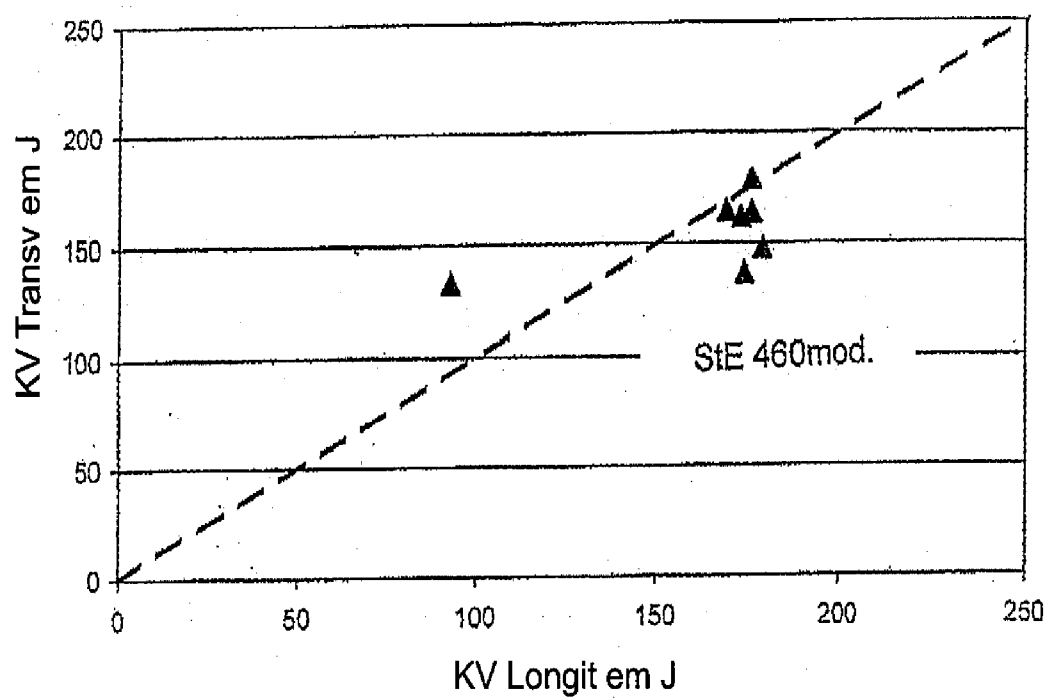


FIG 1

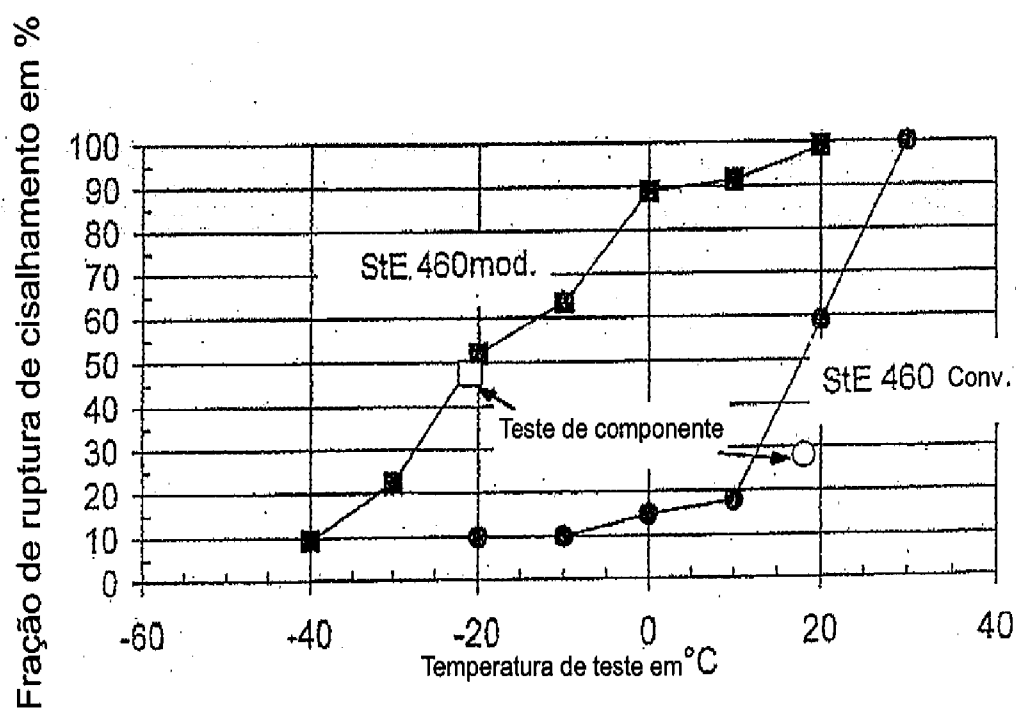


FIG 2