



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

(11) PI 0917072-3 B1

(22) Data do Depósito: 19/08/2009

(45) Data de Concessão: 14/11/2017



(54) Título: JUNTA DE CANO LIGADA POR DIFUSÃO COM FASE LÍQUIDA E MÉTODO DE PRODUÇÃO DA MESMA

(51) Int.Cl.: B23K 20/00; F16L 13/00

(30) Prioridade Unionista: 27/08/2008 JP 2008-217934, 29/05/2009 JP 2009-130094

(73) Titular(es): NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION

(72) Inventor(es): EIJI TSURU; YASUSHI HASEGAWA; YASUHIRO SHINOHARA; YUICHI SATO

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "JUNTA DE CANO LIGADA POR DIFUSÃO COM FASE LÍQUIDA E MÉTODO DE PRODUÇÃO DA MESMA".

Campo Técnico

5 A presente invenção refere-se a uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida compreendida de canos de metal ou um cano de metal e cano da junta unido pela ligação por difusão com fase líquida e um método de produção da mesma. Quando unindo uma extremidade de um cano da junta a um cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida, a outra extremidade do cano da junta pode ser unida em um elemento diferente de um cano de metal, por exemplo, uma parede, etc.

Técnica Antecedente

15 A ligação por difusão com fase líquida é uma técnica de união que interpõe um material de inserção tendo um ponto de fusão menor do que os elementos unidos, por exemplo, um metal amorfo ou liga amorfa, nas superfícies da união, aquece para uma temperatura mais alta do que uma temperatura do líquido do material de inserção e uma temperatura menor do que o ponto de fusão dos elementos unidos, faz com que as partes unidas derretam e causa a solidificação isotérmica. O metal amorfo, a liga amorfa ou outro material de inserção podem ser usados, por exemplo, em uma folha, pó, galvanização ou outra forma.

25 Essa ligação por difusão com fase líquida é aplicada na união de aço inoxidável, ligas com base em alto teor de níquel, aços de liga de aço resistentes ao calor e outros aços difíceis de soldar por métodos de soldagem convencionais. Além do mais, de acordo com a ligação por difusão com fase líquida, é possível unir simultaneamente um grande número de localizações. Ademais, quando unindo elementos com grandes áreas transversais das partes unidas, o tempo requerido não aumenta grandemente. Por essa razão, com a finalidade de reduzir os custos de instalação, a ligação por difusão com fase líquida está agora também sendo aplicada até mesmo a materiais de aço capazes de união pela soldagem.

30 Quando aplicando a ligação por difusão com fase líquida na u-

nião dos canos de metal, a prática geral tem sido interpor um material de inserção constituído por um metal amorfo ou folha de liga amorfa entre as faces de extremidade dos canos de metal confrontantes, aplicar uma força compressiva axial nos canos de metal, e enquanto fazendo isso, aquecer as
5 superfícies de união e suas proximidades para a temperatura do líquido ou mais.

Entretanto, no momento da operação real, em particular com a união nos locais de instalação, a pressão de superfície aplicada se torna instável. Ademais, dependendo da localização das superfícies da união, a pressão de superfície se torna pequena e uma resistência suficiente da união
10 não pode ser obtida em alguns casos.

Além disso, se os canos de metal são formados elipticamente ou são de espessura desigual, as superfícies de união reais algumas vezes ficarão reduzidas das áreas transversais dos canos unidos e a resistência da
15 união deteriorará.

Para resolver esses problemas, uma junta foi proposta com resistência aperfeiçoada aumentando grandemente a superfície de união com um cano de metal cônico através de um acoplamento ou bocal (ver, por exemplo, PLT 1). Ademais, uma junta foi proposta afunilando canos de metal e ligando os canos de metal pela ligação por difusão com fase líquida (ver,
20 por exemplo, PLTs 2 e 3).

Lista de Citação

Literatura de patente

PLT 1: Publicação de Patente Japonesa (A) No. 10-85954

25 PLT 2: Publicação de Patente Japonesa (A) No. 2001-340974

PLT 3: Publicação de Patente Japonesa (A) No. 2001-330594

Sumário da Invenção

Problema técnico

Entretanto, nas juntas convencionais, existe o problema que se a
30 usinagem precisa não ocorre nos canos de metal, acoplamentos e bocais, a resistência da união deteriora. A presente invenção tem como seu objetivo o aperfeiçoamento da resistência da união de uma junta de cano ligada por

difusão com fase líquida compreendida de um cano de metal ou junta de metal de um elemento de metal e um cano da junta ou cano de metal com parede grossa afunilado na superfície externa em uma extremidade ou ambas as extremidades unidas pela ligação por difusão com fase líquida.

5 Solução para o problema

A presente invenção encaixa um cano de metal sobre um elemento de metal, cano da junta ou cano de metal com parede grossa fornecido com uma parte cônica frontal e parte de degrau enquanto expandindo-o de modo que a área transversal da face de extremidade do cano de metal se torna mais larga do que a área transversal do corpo do cano, induz com que a parte do degrau e a extremidade do cano de metal se encostem enquanto interpondo um material de inserção e aquece essa para a ligação por difusão com fase líquida, e dessa maneira, é bem sucedida na melhora da resistência da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida.

15 A presente invenção pode adotar os modos mostrados abaixo.

(1) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida compreendida de uma junta de metal fornecida com uma parte inclinada cônica fixada por atrito em uma extremidade de um cano de metal pela pressão na direção axial do cano enquanto expandindo o cano de metal no diâmetro interno e firmemente engatando com a extremidade e uma parte da superfície de união continuando a partir da parte inclinada cônica e unida com uma face de extremidade do cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida e um cano de metal firmemente engatando com a parte inclinada cônica no estado expandido e com uma face de extremidade unida com a parte da superfície de união pela ligação por difusão com fase líquida.

(2) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (1), em que a espessura da extremidade do cano de metal engatada firmemente com a parte inclinada cônica no estado expandido é pelo menos da espessura do corpo do cano de metal.

30 (3) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (1) ou (2), em que a junta de metal é formada em uma estrutura de metal.

(4) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (3), em que a estrutura de metal é fornecida com uma canalização dentro dela e a junta de metal é fornecida com uma canalização conectando a canalização e o cano de metal.

5 (5) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (1) ou (2), em que a junta de metal é formada em uma extremidade de outro cano de metal para ser unida com o cano de metal.

 (6) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (1) ou (2), em que a junta de metal é um cano da junta de metal fornecido com uma parte da superfície de união no seu centro e fornecido com partes inclinadas cônicas continuando a partir da parte da superfície de união nos seus dois lados.

 (7) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (7), em que quando o ângulo de inclinação de uma parte inclinada cônica do cano da junta de metal é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica é S_2 , a área transversal do cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade unida em uma superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 e a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade unida na outra superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 ; S_1 , S_2 , A_1 e A_2 satisfazem a seguinte fórmula (1):

25
$$0,8 \leq (S_1 \times A_1) / (S_2 \times A_2) \leq 1,2 \quad \dots(1)$$

 (8) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em (7), em que a espessura do cano de metal da área transversal A_1 e a espessura do cano de metal da área transversal A_2 são diferentes.

30 (9) Uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentada em qualquer uma de (1) a (8), em que o ângulo formado pela parte inclinada cônica e a parte da superfície de união é 70 a 110°.

(10) Um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentado em qualquer uma de (1) a (9), cujo método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida compreende

5 (i) fixar por atrito uma parte inclinada cônica de uma junta de metal, fornecida com uma parte inclinada cônica a ser fixada por atrito dentro de uma extremidade de um cano de metal enquanto expandindo o cano de metal no diâmetro interno e firmemente engatando com a extremidade e uma parte da superfície de união continuando a partir da parte inclinada cônica e
10 unida com uma face de extremidade do cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida, pela pressão na direção axial do cano de modo a fixá-lo por atrito na extremidade do cano de metal enquanto expandindo o cano de metal no diâmetro interno e encostando a face de extremidade do cano de metal expandido e a parte da superfície de união da junta de metal através de um material de inserção e
15

 (ii) usar a pressão na direção axial do cano para manter uma pressão de superfície em uma parte adjacente incluindo o material de inserção enquanto aquecendo a parte adjacente para uma temperatura onde o material de inserção derrete e unindo a face de extremidade do cano de metal e a parte da superfície de união pela ligação por difusão com fase líquida.
20

(11) Um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentado em (10), no qual o cano de metal é um cano de metal de um diâmetro interno maior do que o diâmetro externo mínimo e menor do que o diâmetro externo máximo da parte inclinada cônica.
25

(12) Um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentado em (10) ou (11), ainda compreendendo usar, como a junta de metal, um cano da junta de metal fornecido com uma parte da superfície de união no seu centro e fornecido com partes inclinadas cônicas continuando a partir da parte da superfície de união nos seus dois lados e unindo canos de metal nos dois lados do cano da junta de metal pela ligação por difusão com fase líquida, em cujo caso, quando o ân-
30

gulo de inclinação de uma parte inclinada cônica do cano da junta de metal é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica é S_2 , a área transversal do cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade unida em uma superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 e a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade unida na outra superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 ; S_1 , S_2 , A_1 e A_2 satisfazem a seguinte fórmula (1):

$$0,8 \leq (S_1 \times A_1) / (S_2 \times A_2) \leq 1,2 \quad \dots(1)$$

(13) Um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentado em (12), no qual a espessura do cano de metal da área transversal A_1 e a espessura do cano de metal da área transversal A_2 são diferentes.

(14) Um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida como apresentado em qualquer uma de (10) a (13), no qual a pressão de superfície é 5 a 20 MPa.

Nota-se que, na presente invenção, uma “junta de metal” indicará uma parte ou elemento para unir um cano de metal e não é limitada a uma parte ou elemento para conectar dois canos de metal. Ademais, um “cano da junta de metal” indicará, entre juntas de metal, uma parte ou elemento para conectar dois canos de metal. Ademais, uma “junta de cano ligada por difusão com fase líquida” indicará uma parte ou elemento unindo a junta de metal ou cano da junta de metal e pelo menos um cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida.

Efeitos Vantajosos da Invenção

De acordo com a presente invenção, pelo controle da pressão de superfície no momento do aquecimento, é possível evitar fratura nas superfícies de união. Também, sem causar uma grande elevação nos custos de união, é possível proporcionar uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo um material de metal e um elemento de metal, cano da

junta ou cano de metal de parede grossa na superfície exterior em uma extremidade ou ambas as extremidades pela ligação por difusão com fase líquida e dessa maneira excelente na resistência da união. Além do mais, de acordo com a presente invenção, é possível proporcionar uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida conectando canos de metal de espessuras de parede diferentes, uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida conectando canos de metal de diâmetros externos diferentes, etc.

Breve Descrição dos Desenhos

A figura 1 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção.

A figura 2 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção e mostra o modo onde uma junta de metal é formada em uma estrutura de metal.

A figura 3 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção e mostra o estado onde uma junta de metal é formada em uma extremidade de um cano de metal a ser unido.

A figura 4 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção e mostra o estado de uso de um ponto na junta de metal tendo partes inclinadas cônicas nas suas duas extremidades para a união de dois canos de metal.

A figura 5 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção e mostra o estado de uso de um cano da junta de metal para unir canos de metal dos mesmos diâmetros e espessuras diferentes.

A figura 6 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma sexta modalidade da presente invenção e mostra o estado de uso de um cano da junta

de metal para unir canos de metal de diâmetros diferentes e espessuras diferentes.

5 A figura 7 é uma vista mostrando um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma sétima modalidade da presente invenção e mostra o estado de uso de um cano da junta de metal para unir canos de metal de diâmetros diferentes e das mesmas espessuras.

10 A figura 8 é uma vista mostrando o ângulo formado pelas superfícies de união e partes inclinadas cônicas de uma junta de metal de acordo com a presente invenção. (a) mostra um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida, enquanto (b) mostra o ângulo em uma parte unida.

15 A figura 9 é uma vista mostrando o estado das extremidades dos canos de metal encostando contra a parte da superfície de união de uma junta de metal sendo grandemente expandidas.

A figura 10 é uma vista mostrando o estado das extremidades dos canos de metal encostando contra a parte da superfície de união de um empeno da junta de metal.

20 A figura 11 é uma vista mostrando o estado no momento do início do encaixe da junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção.

A figura 12 é uma vista mostrando o estado no momento do encaixe da junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção.

25 A figura 13 é uma vista mostrando o estado antes da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção.

30 A figura 14 é uma vista mostrando o estado no momento do início do encaixe de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção.

A figura 15 é uma vista mostrando o início do aquecimento de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma

terceira modalidade da presente invenção.

A figura 16 é uma vista mostrando o estado antes da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção.

5 A figura 17 é uma vista mostrando o estado no momento do início do encaixe de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quarta modalidade da presente invenção.

A figura 18 é uma vista mostrando o estado do aquecimento de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma
10 quarta modalidade da presente invenção.

A figura 19 é uma vista mostrando a relação entre deslocamento na direção axial do cano de metal e a pressão na direção axial do cano e a magnitude da pressão de superfície entre a face de extremidade de um cano de metal e uma parte da superfície de união de uma junta de metal.

15 A figura 20 é uma vista mostrando a carga máxima no momento do teste de tração de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida pela relação com a razão de expansão.

A figura 21A é uma vista mostrando o estado unido de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida usada para testes.

20 A figura 21B é uma vista mostrando o estado unido de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida usada para testes.

A figura 21C é uma vista mostrando o estado unido de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida usada para testes.

A figura 22 é uma vista comparando a carga máxima no momento do teste de tração de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida entre juntas.
25

A figura 23 é uma vista mostrando o estado antes da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção.

30 A figura 24 é uma vista mostrando o estado depois da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção.

A figura 25 é uma vista mostrando o estado antes da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma sexta modalidade da presente invenção.

5 A figura 26 é uma vista mostrando o estado depois da união de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma sexta modalidade da presente invenção.

A figura 27 é uma vista mostrando a relação entre a ocorrência do empeno em uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida e os resultados dos testes de tração e da pressão de superfície da face de extre-
10 midade de um cano de metal e a parte da superfície de união de uma junta de metal no momento da união.

A figura 28 é uma vista mostrando o estado no momento do início do encaixe da modificação da junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção, isto
15 é, a junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com o exemplo 2.

A figura 29 é uma vista mostrando uma modificação da junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com a primeira modalidade da presente invenção, isto é, uma junta de cano ligada por difusão com
20 fase líquida de acordo com o exemplo 2.

Descrição das Modalidades

Abaixo, modalidades da presente invenção serão explicadas com referência aos desenhos. Observe que, na descrição e desenhos, componentes tendo substancialmente as mesmas funções serão atribuídos com
25 as mesmas notações e as explicações serão omitidas.

A figura 1 mostra um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção, isto é, uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida
1 compreendida de uma junta de metal 2 sobre a qual um cano de metal 3 é
30 inserido. A junta de metal 2 e o cano de metal 3 são corpos rotativamente simétricos tendo o eixo geométrico de simetria rotacional 4 como seus eixos geométricos (abaixo, o mesmo nos desenhos nos quais o eixo geométrico

de simetria rotacional 4 é desenhado).

A junta de metal 2 tem uma parte de superfície de união em formato de anel 5 contra a superfície externa da qual a face de extremidade 8 do cano de metal 3 encosta e uma parte inclinada cônica 6 estendida a partir da parte da superfície de união 5 na direção da face de extremidade enquanto sendo de diâmetro reduzido. Uma parte ligada por difusão com fase líquida na junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 mostrada na figura 1 (abaixo, também chamada a “parte unida”) é uma parte entre a parte da superfície de união 5 e a face de extremidade 8 do cano de metal 3.

Ademais, na junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1, a proximidade da parte unida é suportada pela superfície externa 7 da parte inclinada cônica 6 (abaixo, a “superfície de inclinação”) da superfície interna. Por essa razão, quando tensão de tração é aplicada na proximidade da parte unida, a deformação causando a redução do diâmetro na direção do diâmetro interno é restrita pela força de sustentação da superfície interna. Como resultado, na proximidade da parte unida da junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1, a tensão de tração ocorre na direção axial e direção circunferencial, e a deformação fica difícil comparado com o estado de tensão de eixo geométrico único.

Por outro lado, quando não existe parte inclinada cônica 6 na superfície externa da junta de metal 2, a tensão próxima da tensão monoaxial similar ao corpo do cano age na parte unida da parte da superfície de união 5 e na face de extremidade 8 do cano de metal 3. Nesse caso, na proximidade da superfície de união, permanecem irregularidades da forma no estado como unido, então a junta fratura facilmente na resistência de tração do corpo do cano ou menos.

Além do mais, na junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1, a espessura da extremidade do cano de metal 3 é preferivelmente pelo menos a espessura do corpo do cano de metal 3 para melhorar a resistência da união. Isto é, a espessura da extremidade do cano do cano de metal 3 fixado por atrito sobre a parte inclinada cônica 6 é preferivelmente maior do que o valor médio da espessura do corpo do cano de metal 3 (parte não

expandida).

Isso é porque, pela concessão de uma pressão no estado aquecido, a extremidade do cano de metal 3 fica com espessura maior e, como resultado, a área unida da face de extremidade 8 do cano de metal 3 e da
5 parte da superfície de união 5 aumenta e a resistência da união aumenta. Devido a tais efeitos de constrição e efeito de engrossamento da parede acima, a junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 é munida com uma resistência de união da resistência do corpo do cano de metal 3 ou mais mesmo no estado como unida.

10 Um exemplo da formação de uma junta de metal em uma estrutura de metal de acordo com uma segunda modalidade da presente invenção é mostrado na figura 2. No exemplo mostrado na figura 2, uma junta de metal 2 tendo uma parte da superfície de união 5, parte inclinada cônica 6 e superfície de inclinação 7 é formada em uma estrutura de metal constituída
15 por uma superfície de parede 22 de uma parede 21.

Um material de inserção 9 é aderido na parte da superfície de união 5, o cano de metal 3 é fixado por atrito sobre a parte inclinada cônica 6 enquanto sendo expandido e esse é aquecido para unir a parte da superfície de união 5 e a face de extremidade 8 do cano de metal 3 pela ligação por
20 difusão com fase líquida.

Ademais, como mostrado na figura 2, também é possível formar uma canalização 23 dentro da estrutura de metal 21 e formar uma canalização 24 conectando a canalização 23 e o cano de metal 3. Na figura 2, a canalização 23 é rotativamente simétrica com relação ao eixo geométrico da
25 simetria rotacional 4, mas a canalização 23 não é limitada a isso.

Um exemplo de formação de uma junta de metal de acordo com uma terceira modalidade da presente invenção em uma extremidade de um cano de metal é mostrado na figura 3. No exemplo mostrado na figura 3, uma junta de metal 2 tendo uma parte da superfície de união 5 e parte incli-
30 nada cônica 6b é formada na extremidade de um cano de metal 3b a ser unido com um cano de metal 3a.

A junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 é obtida

aderindo o material de inserção 9 da parte da superfície de união 5b, fixando por atrito o cano de metal 3a sobre a parte inclinada cônica 6b enquanto a expandindo, a seguir aquecendo-os para ligar a parte da superfície de união 5b e a face de extremidade 8a do cano de metal 3a pela ligação por difusão com fase líquida.

Um exemplo onde a junta de metal é um cano da junta de metal com uma parte da superfície de união fornecida no seu centro e com partes inclinadas cônicas fornecidas nos seus dois lados de acordo com a quarta modalidade da presente invenção será mostrado na figura 4.

No exemplo mostrado na figura 4, a junta de metal é um cano da junta de metal 2a com uma parte da superfície de união 5 fornecida no seu centro e com partes inclinadas cônicas 6 fornecidas continuando a partir da parte da superfície de união 5 nos seus dois lados.

Ademais, canos de metal 3 com extremidades expandidas são fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 a partir dos dois lados do cano da junta de metal 2a, as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 são induzidas a encostar contra a parte da superfície de união 5 do cano da junta de metal 2a através dos materiais de inserção 9 e esses são aquecidos para unir a parte da superfície de união 5 e as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 pela ligação por difusão com fase líquida, com isso uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 é obtida.

Aqui, os inventores estudaram as condições adequadas dos ângulos de inclinação das partes inclinadas de um cano da junta de metal e áreas transversais dos canos de metal para obter pressões de superfície necessárias para unir os canos de metal. Como resultado, foi aprendido que quando o ângulo de inclinação de uma parte inclinada cônica de um cano da junta de metal é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica é S_2 , a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade unida em uma superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 e a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada

com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade unida na outra superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 , se S_1 , S_2 , A_1 e A_2 satisfazem a fórmula (1) seguinte, são obtidas as pressões de superfície necessárias para unir os canos de metal e o empeno dos canos de metal e a deterioração nas resistências de união das partes unidas podem ser evitados. Aqui, a área transversal de um cano de metal indica a área ocupada pelo metal na seção transversal de um cano de metal. A área da parte oca não é incluída.

$$0,8 \leq (S_1 \times A_1) / (S_2 \times A_2) \leq 1,2 \quad \dots (1)$$

A relação da fórmula (1) pode também ser aplicada quando A_1 e A_2 diferem, isto é, para uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo canos de metal de espessuras diferentes.

Um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo canos de metal dos mesmos diâmetros e espessuras diferentes de acordo com uma quinta modalidade da presente invenção é mostrado na figura 5.

A figura 5 mostra uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 compreendida de um cano da junta de metal 2a sobre o qual um cano de metal de parede fina 3a e um cano de metal de parede grossa 3b são fixados por atrito a partir dos dois lados.

Como mostrado na figura 5, na superfície externa da extremidade do cano da junta de metal 2a no lado do cano de metal de parede fina 3a, uma parte inclinada cônica 6a é formada de diâmetro reduzido para a extremidade. Na direção de expansão da parte inclinada cônica 6a, é formada uma parte da superfície de união 5a contra a qual a face de extremidade 8a do cano de metal de parede fina 3a encosta.

Ademais, na superfície externa da extremidade do cano da junta de metal 2a no lado do cano de metal de parede grossa 3b, uma parte inclinada cônica 6b é formada de diâmetro reduzido para a extremidade. Na direção de expansão da parte inclinada cônica 6b, é formada uma parte da superfície de união 5b contra a qual a face de extremidade 8b do cano de metal de parede fina 3a encosta.

Quando unindo simultaneamente os canos de metal 3a e 3b com espessuras de parede diferentes através de um cano da junta de metal 2a pela ligação por difusão com fase líquida, pressões iguais na direção axial do cano são geradas no cano de metal de parede fina 3a e no cano de metal de parede grossa 3b.

Nesse caso, a resistência ao empeno é menor com o cano de metal de parede fina 3a, então com uma pressão na direção axial do cano adequada para unir canos de metal de parede fina 3a das mesmas espessuras, o cano de metal de parede grossa 3b algumas vezes não entrará em contato, ou até mesmo se contatado, uma pressão de superfície suficiente não será obtida.

Por outro lado, se aplicando uma pressão na direção axial do cano suficiente para unir canos de metal de parede grossa 3b das mesmas espessuras, o cano de metal de parede fina 3a empenará e uma junta adequada não será obtida.

Entretanto, se a relação da fórmula (1) permanece, isto é, se fazendo o ângulo de inclinação da parte inclinada cônica 6a no lado do cano de metal de parede fina 3a maior do que o ângulo de inclinação da parte inclinada cônica 6b no cano de metal de parede grossa 3b, a resistência à deformação que acompanha a expansão do cano de metal de parede fina 3a ficará maior, uma pressão de superfície necessária para unir canos de metal de parede grossa 3b pode ser obtida, mas o cano de metal de parede fina 3a não empenará e a deterioração na resistência da união da parte unida no lado do cano de metal de parede grossa 3b pode ser impedida.

Ademais, na extremidade do cano de metal de parede fina 3a, a pressão na direção axial do cano é concedida no estado aquecido e a espessura da parede aumentada, então a espessura da extremidade do cano do cano de metal de parede fina 3a fica maior do que o valor médio da espessura do corpo do cano de metal de parede fina 3a. Como resultado, a área unida da face de extremidade 8a do cano de metal de parede fina 3a e a parte da superfície de união 5a do cano da junta de metal 2a aumenta, a resistência da união se eleva e a resistência da união da resistência do cor-

po do cano de metal de parede fina 3a ou mais é obtida mesmo no caso da parte ligada por difusão com fase líquida do cano de metal de parede fina 3a e do cano da junta de metal 2a.

Quando o valor da fórmula (1) fica acima do valor do limite superior de 1,2, o cano de metal de parede grossa 3b tende fortemente a empenar. Ademais, mesmo se o empeno não ocorre, a parte unida do cano de metal de parede grossa 3b fratura no teste de tração. Em oposição a isso, quando o valor da fórmula (1) é menor do que o valor do limite inferior de 0,8, o cano de metal de parede fina 3a tende fortemente a empenar. Ademais, mesmo quando o empeno não ocorre, a parte unida do cano de metal de parede fina 3a fratura no teste de tração.

Um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo canos de metal de diâmetros diferentes e espessuras diferentes, de acordo com uma sexta modalidade da presente invenção, é mostrado na figura 6.

A figura 6 mostra uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 compreendida de um cano de metal de seção transversal pequena 3a compreendido de um cano de metal de parede fina de grande diâmetro e um cano de metal de seção transversal grande 3b compreendido de um cano de metal de parede grossa de pequeno diâmetro fixado por atrito a partir das duas extremidades de um cano da junta de metal 2a.

Geralmente, nesse caso também, a área transversal A_1 do cano de metal de seção transversal pequena 3a se torna menor do que a área transversal A_2 do cano de metal de área transversal grande 3b. Devido a isso, da mesma maneira como a junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo canos de metal dos mesmos diâmetros e espessuras diferentes mostrados na figura 5, para evitar o empeno do cano de metal de seção transversal pequena 3a e a deterioração na resistência da união no lado do cano de metal de seção transversal grande 3b, de preferência a fórmula (1) é satisfeita.

Ademais, mesmo no caso de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo canos de metal de diâmetros diferentes e das

mesmas espessuras de acordo com a sétima modalidade da presente invenção mostrada na figura 7, a satisfação da fórmula (1) é preferível para impedir o empeno do cano de metal de diâmetro pequeno ou a deterioração na resistência da união da parte unida no lado do cano de metal de diâmetro grande.

Na junta de cano ligada por difusão com fase líquida da presente invenção, o ângulo formado pela parte inclinada cônica e a parte da superfície de união é preferivelmente 70 a 110°. As figuras 8(a) e (b) mostram um exemplo de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 onde o ângulo θ formado pela parte inclinada cônica 6 e a parte da superfície de união 5 é 70 a 110°. O ângulo θ formado pela parte inclinada cônica 6 e a parte da superfície de união 5 é o ângulo formado pela superfície de união da parte da superfície de união 5 e a superfície de inclinação 7 da parte inclinada cônica 6 na seção transversal da junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 na direção axial do cano.

Se definindo o ângulo θ formado pela parte inclinada cônica 6 e a parte da superfície de união 5 dessa maneira para 70 a 110°, no momento da união, uma grande pressão pode ser aplicada na direção axial do cano. Quando θ é maior do que 110°, como mostrado na figura 9, a extremidade do cano de metal 3 é algumas vezes expandida mais do que a parte da superfície de união 5. Ademais, quando θ é menor do que 70°, como mostrado na figura 10, a extremidade do cano de metal 3 algumas vezes empena.

A seguir, um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com a presente invenção será explicado.

A junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 mostrada na figura 1, por exemplo, como mostrado na figura 11, é produzida aderindo um material de inserção 9 antecipadamente na parte da superfície de união 5, usando a pressão na direção axial do cano para fixar por atrito o cano de metal 3 sobre a junta de metal 2 e aquecendo a parte unida para uma temperatura mais alta do que o ponto de fusão do material de inserção 9 e menor do que o ponto de fusão do cano de metal 2 para fazer com que o mate-

rial de inserção 9 derreta para a ligação por difusão com fase líquida.

Quando fixando por atrito o cano de metal 3 sobre a junta de metal 2, a superfície interna da extremidade do cano de metal 3 é expandida ao longo da superfície de inclinação 7 da parte inclinada cônica 6 da junta de metal 2. Observe que o material de inserção 9 pode também ser aderido na face de extremidade 8 do cano de metal 3, mas quando a extremidade do cano de metal 3 é expandida, o material de inserção 9 pode descascar, então ele é preferivelmente aderido na parte da superfície de união 5.

O diâmetro interno do cano de metal 3 preferivelmente tem um diâmetro interno maior do que o diâmetro externo mínimo e menor do que o diâmetro externo máximo da parte inclinada cônica 6. Se projetando o cano para ser expandido junto com a superfície de inclinação 7 quando fixando por atrito a extremidade do cano de metal 3 sobre a parte inclinada cônica 6 da junta de metal 2, não é mais necessário formar uma superfície de inclinação na superfície interna da extremidade do cano de metal 3 pelo torneamento. Como resultado, é possível impedir a deterioração na resistência da união devido ao erro na precisão de usinagem quando fresando inclinado o cano de metal.

Ademais, a forma transversal do cano de metal 3 antes de ser fixado por atrito sobre a parte inclinada cônica 6 não é limitada a um círculo verdadeiro. Por exemplo, mesmo se uma forma elíptica, a parte inclinada cônica 6 expande a extremidade do cano de metal 3, então a forma elíptica é corrigida e a parte da superfície de união 5 e a face de extremidade 8 do cano de metal 3 podem ser colocadas em contato de maneira confiável.

Da mesma maneira como o caso onde a junta de metal 2 é formada em uma estrutura de metal 21, como mostrado na figura 12, um material de inserção 9 é aderido na parte da superfície de união 5 antecipadamente, uma pressão na direção axial do cano é usada para fixar por atrito o cano de metal 3 sobre a junta de metal 2 e a parte unida é aquecida para uma temperatura mais alta do que o ponto de fusão do material de inserção 9 e mais baixa do que o ponto de fusão do cano de metal 2 para fazer o material de inserção 9 derreter para a ligação por difusão com fase líquida, com

isso é possível produzir a junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 mostrada na figura 2.

Uma segunda modalidade do método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com a presente invenção, isto é, um exemplo de união de um cano de metal e um cano de metal com uma junta de metal formada em uma extremidade, será explicada usando a figura 13 a figura 15.

A figura 13 ilustra um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida compreendida de um cano de metal de parede fina 3a e um cano de metal de parede grossa 3b. Na superfície externa da extremidade do cano de metal de parede grossa 3b no lado da união, a parte da superfície de união 5b e a parte inclinada cônica 6b são fornecidas. O cano de metal de parede fina 3a é fixado por atrito sobre a parte inclinada cônica 6b do cano de metal de parede grossa 3b. Aqui, o diâmetro interno do cano de metal de parede fina 3a é maior do que o diâmetro externo mínimo e menor do que o diâmetro externo máximo da parte cônica frontal 6b do cano de metal de parede grossa 3b. Na figura 13, o material de inserção 9 é aderido na parte da superfície de união 5b, mas ele pode também ser aderido na extremidade do cano de metal de parede fina 3a.

A figura 14 mostra o método de união. A superfície interna da extremidade do cano de metal de parede fina 3a é colocada em contato com a superfície de inclinação 7b da parte inclinada 6b do cano de metal de parede grossa 3b. Se ainda aplicando uma pressão na direção axial do cano, a face de extremidade 8a do cano de metal de parede fina 3a é expandida ao longo da superfície de inclinação 7b e encosta contra a parte da superfície de união 5b do cano de metal de parede grossa 3b através do material de inserção 9.

Além do mais, como mostrado na figura 15, por exemplo, um aquecedor de indução 41 é usado para aquecer as superfícies de união da face de extremidade 8a do cano de metal de parede fina 3a e a parte da superfície de união 5b para o ponto de fusão do material de inserção 9 ou mais. Depois do decorrer de um tempo predeterminado, essas são esfriadas.

Para esfriar a parte unida, qualquer um de esfriamento com ar, esfriamento com ventoinha ou outro esfriamento com ar forçado, ou esfriamento com água, esfriamento a neblina ou outro esfriamento controlado pode ser utilizado. Para garantir a resistência da junta depois do esfriamento, quanto mais rápida a velocidade de esfriamento, melhor, porém para o esfriamento com água ou esfriamento a neblina, um sistema de esfriamento controlado se torna necessário, então o esfriamento com ar forçado é preferido.

Uma terceira modalidade de um método de produção de uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com a presente invenção será explicada usando a figura 16 a figura 18. A figura 16 mostra o estado da tentativa de fixar por atrito canos de metal 3 sobre um cano da junta de metal 2a a partir dos dois lados. O cano da junta de metal 2a tem partes inclinadas cônicas 6 de diâmetro reduzido para as extremidades e tem partes de superfície de união 5 contra as quais as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 encostam em uma direção expandindo as partes inclinadas cônicas 6 (abaixo chamadas as “partes inclinadas”).

No exemplo mostrado na figura 16, um cano da junta de metal 2a é usado para unir dois canos de metal 3. Para isso, partes da superfície de união 5 e partes inclinadas cônicas 6 estendidas das partes da superfície de união 5 nas direções da face de extremidade são fornecidas nas superfícies externas dos dois lados do cano da junta de metal 2a na direção axial do cano. Um elemento em formato de anel em formato de flange é formado se projetando para fora da parte central do cano da junta de metal 2a. As duas superfícies laterais do elemento em formato de anel formam partes da superfície de união 5 ressaltando das partes inclinadas cônicas 6.

Isto é, as partes da superfície de união 5 são partes da superfície de união em formato de anel formadas na superfície circunferencial externa do cano da junta de metal 2a ao longo da direção circunferencial e tem superfícies de união em formato de anel viradas para as direções das faces de extremidade do cano da junta de metal 2a. As superfícies de união das partes da superfície de união 5 são superfícies inclinadas a partir da superfície do cano da junta de metal 2a verticais à direção axial do cano em direção

ao lado da face de extremidade, por exemplo.

Na vista transversal mostrada na figura 16, etc., as superfícies de união das partes da superfície de união 5 são substancialmente verticais às superfícies de inclinação 7 das partes inclinadas cônicas 6. Devido a isso, as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 fixam por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 e as partes da superfície de união 5 podem ser adequadamente induzidas a encostar através dos materiais de inserção 9 sem vãos livres.

Ademais, na figura 16, os materiais de inserção 9 são aderidos nas partes da superfície de união 5 antecipadamente, mas também é possível aderir os materiais de inserção 9 nas faces de extremidade 8 dos canos de metal 3. Entretanto, se aderindo os materiais de inserção 9 nas faces de extremidade 8 dos canos de metal 3, quando as extremidades dos canos de metal 3 são expandidas, existe a possibilidade dos materiais de inserção 9 descamarem, então os materiais são preferivelmente aderidos nas partes da superfície de união 5.

A figura 17 mostra o estado de fixação por atrito dos canos de metal 3 sobre um cano da junta de metal 2a por uma pressão na direção axial do cano a partir do estado mostrado na figura 16. Na figura 17, as superfícies de inclinação 7 das partes inclinadas cônicas 6 do cano da junta de metal 2a e as superfícies internas das extremidades dos canos de metal 3 ficam em contato. Se ainda aplicando pressão, as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 são expandidas ao longo das superfícies de inclinação 7 e as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 encostam contra as partes da superfície de união 5 do cano da junta de metal 2a através dos materiais de inserção 9.

Além do mais, como mostrado na figura 18, por exemplo, um aquecedor de indução 41 ou outro recurso de aquecimento é usado para aquecer as superfícies de união para uma temperatura mais alta do que o ponto de fusão dos materiais de inserção 9 e mais baixa do que o ponto de fusão dos canos de metal 3, de modo que os materiais de inserção 9 derretem, a seguir as partes unidas são esfriadas. Para o esfriamento das partes

unidas, esfriamento com ar, esfriamento com ventoinha ou outro esfriamento com ar forçado ou esfriamento com água, esfriamento a neblina ou outro esfriamento controlado pode ser utilizado. Para garantir a resistência da junta depois do esfriamento, uma velocidade de esfriamento mais rápida é preferível, mas o esfriamento com água ou esfriamento a neblina exige um sistema de esfriamento controlado, então o esfriamento com ar forçado é preferível.

A relação entre a pressão quando aplicando uma pressão na direção axial do cano contra um cano de metal 3 e a sua fixação por atrito sobre uma parte inclinada cônica 6 do cano da junta de metal 2a e o deslocamento na direção axial do cano do cano de metal 3 é mostrada na figura 19. O aumento no deslocamento na direção axial do cano significa que a face de extremidade 8 do cano de metal 3 se move ao longo da parte da superfície de união 5 do cano da junta de metal 2a.

Como mostrado na figura 19, se o deslocamento na direção axial do cano aumenta primeiro, a superfície interna da extremidade do cano de metal 3 contata a superfície externa da parte inclinada cônica 6. Depois disso, a força de atrito ocorre, então o aumento na pressão na direção axial do cano se torna maior e a inclinação da linha se torna maior com relação ao deslocamento na direção axial.

Se o deslocamento na direção axial do cano também aumenta, a face de extremidade 8 do cano de metal 3 encosta contra a parte da superfície de união 5 do cano da junta de metal 2a através do material de inserção 9. Se o deslocamento na direção axial do cano ainda aumenta, a pressão de superfície é gerada na parte adjacente da face de extremidade 8 do cano de metal 3 e na parte da superfície de união 5 do cano da junta de metal 2a.

Depois que a parte da superfície de união 5 e a face de extremidade 8 do cano de metal 3 encostam, se aliviando a pressão na direção axial do cano, a pressão de superfície na parte adjacente da parte da superfície de união 5 e na face de extremidade 8 do cano de metal 3 cai um pouco, mas é mantida pelo atrito entre a superfície de inclinação 7 e a superfície interna do cano de metal 3.

Entretanto, dependendo das condições de aquecimento, manter a pressão de superfície da parte adjacente de uma parte da superfície de união 5 e uma face de extremidade 8 de um cano de metal 3 é algumas vezes difícil. Para obter uma forte resistência de união, no momento do aquecimento, é preferível ainda aplicar uma pressão na direção axial do cano para manter a pressão de superfície. Ademais, no momento do aquecimento, também é efetivo restringir o deslocamento na direção axial do cano, gerar uma pressão devido à tensão térmica e manter a pressão de superfície.

Para o aquecimento das superfícies de união para fazer com que o material de inserção 9 derreta, por exemplo, diferente do sistema de aquecimento por indução, aquecimento por forno, aquecimento por resistência elétrica e aquecimento ôhmico podem ser utilizados.

Ademais, quando unindo dois canos de metal através de uma junta de metal, quando o ângulo de inclinação de uma parte inclinada cônica do cano da junta de metal é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica é S_2 , a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade unida em uma superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 e a área transversal de um cano de metal com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica do ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade unida na outra superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 , é preferível induzir S_1 , S_2 , A_1 e A_2 a satisfazer a relação da fórmula (1) para produzir uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida para obter uma pressão de superfície necessária para a união.

Mesmo quando as espessuras dos dois canos de metal são diferentes, é preferível satisfazer similarmente a relação da fórmula (1) para produzir uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida para obter uma pressão de superfície necessária para a união.

Aqui, os efeitos do diâmetro de expansão e do aumento da espessura da extremidade de um cano de metal serão explicados usando e-

xemplos específicos.

Canos de metal compreendidos de canos de aço tendo diâmetros externos de 76,3 mm, espessuras de parede de 4 mm e qualidades de material de STKM13 foram fixados por atrito sobre juntas de metal a partir das duas extremidades das juntas de metal com uma razão de expansão de 2,5 a 10% e uma razão de área transversal de 1,05 a 1,19 para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida que foram então usadas para testes de tração. O resultado, isto é, a relação entre as resistências máximas (resistências de união) e as razões de expansão das extremidades dos canos de metal, é mostrado na figura 20. Os exemplos comparativos da figura 20 são juntas obtidas pela ligação por difusão com fase líquida sem expandir os diâmetros e aumentar as espessuras de parede dos canos de aço.

As juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida de acordo com as modalidades da presente invenção fraturaram dos corpos dos canos de metal, mas as juntas não expandidas e de espessura de parede aumentada de acordo com os exemplos comparativos, todas fraturaram a partir das partes unidas das faces de extremidade dos canos de aço e das partes da superfície de união.

Ademais, foi confirmado que quando os corpos faturaram nas juntas de acordo com as presentes modalidades, as cargas máximas foram maiores e as resistências de união foram mais altas do que quando as partes unidas fraturaram nas juntas de acordo com os exemplos comparativos.

Além do mais, como outros exemplos específicos, canos de aço com diâmetros externos de 76,3 mm, espessuras de parede de 4 mm e qualidades de material de SATKM13A foram usados para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida das formas mostradas nas figuras 21A, 21B e 21C (abaixo, respectivamente, "junta A", "junta B" e "junta C") que foram então submetidas aos testes de tração. Para os materiais de inserção, uma liga amorfa com base em Ni contendo, por %, Si: 3,5% e B: 3,0% foi usada.

Nota-se que as pressões na direção axial do cano foram aplica-

das nas faces de extremidade dos canos de aço, de modo que as pressões de superfície se tornaram 5 e 10 MPa, a seguir aliviadas, a seguir os canos foram aquecidos para 1200°C e mantidos nisso por 10 minutos, em seguida esfriados. A temperatura de aquecimento de 1200°C é um exemplo mais alto do que a temperatura para fazer as partes unidas derreterem, isto é, mais alta do que o líquido do material de inserção e mais baixa do que o ponto de fusão dos elementos unidos, isto é, os canos de metal.

A junta A (modalidade da presente invenção) tem uma qualidade de material do cano da junta de metal de SS400, um diâmetro externo máximo das partes inclinadas cônicas do cano da junta de metal de 82,3 mm, um diâmetro externo mínimo de 71,7 mm, um ângulo de inclinação (ângulo entre a superfície de inclinação e o eixo geométrico de simetria rotacional) de 7° e um comprimento das partes inclinadas cônicas na direção axial de 30 mm.

A junta B (exemplo comparativo) tem uma qualidade de material e valor máximo do diâmetro externo iguais aos da junta A e é feita em uma forma cilíndrica sem proporcionar as partes inclinadas cônicas nas duas extremidades do cano da junta de metal. Os diâmetros externos do cano da junta de metal nas partes adjacentes foram feitos substancialmente os mesmos que os diâmetros internos dos canos de aço.

A junta C (exemplo comparativo) é um exemplo interpondo um material de inserção nas partes adjacentes dos canos de aço sem usar um cano da junta de metal.

As juntas A a C foram unidas em pressões de superfície de 5 e 10 MPa, submetidas às cargas de tração até que as juntas ou corpos do cano fraturaram e medidas para cargas máximas. Os resultados são mostrados na figura 22. A resistência de união em cada caso foi maior do que a força de deformação prescrita, mas a junta B e a junta C não satisfizeram a resistência de tração prescrita. Ademais, ambas a junta B e a junta C fraturaram a partir das interfaces da união. Em oposição a isso, na junta de cano ligada por difusão com fase líquida de acordo com uma modalidade da presente invenção, isto é, a junta A, a carga máxima excedeu a resistência

prescrita. A ruptura ocorreu a partir do corpo do cano.

Na maneira acima, pôde ser verificado que mesmo se as pressões da superfície de união e as histórias de temperatura são as mesmas, as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida de acordo com as modalidades da presente invenção têm altas resistências de união.

As juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida de acordo com as modalidades da presente invenção podem evitar pressões da superfície de união desiguais nas faces de extremidade do cano. Quando aplicando tensões de tração nas juntas, as proximidades das superfícies de união se tornam resistentes à contração depois da deformação e as concentrações de tensão podem ser reduzidas, então fraturas nas interfaces da união podem ser evitadas. Ademais, como uma vantagem na operação real, pela fixação por atrito das superfícies internas dos canos de metal, por exemplo, as superfícies internas dos canos de aço, ao longo das superfícies de inclinação dos canos da junta de metal, a centralização se torna mais fácil.

Na presente invenção, é importante fixar por atrito os canos de metal enquanto expandindo as suas extremidades. Quando os canos de metal fixados por atrito a partir dos dois lados de um cano da junta de metal diferem na espessura da parede, por exemplo, nas modalidades mostradas na figura 23 e figura 24, mesmo se respectivamente tendo partes de superfície de união 5a e 5b e partes inclinadas cônicas 6a e 6b de formas diferentes nos dois lados do cano da junta de metal 2a, essas são incluídas no escopo técnico da presente invenção, contanto que os canos de metal 3a e 3b sejam expandidos no momento da fixação por atrito.

Além do mais, quando os canos de metal fixados por atrito a partir dos dois lados diferem no diâmetro externo, por exemplo, como mostrado na figura 25 e figura 26, mesmo se as partes da superfície de união 5a e 5b diferem no diâmetro externo, essas são incluídas no escopo técnico da presente invenção, contanto que os canos de metal 3a e 3b sejam expandidos no momento da fixação por atrito.

Ademais, como mostrado na figura 23 a figura 26, fazendo as alturas das partes da superfície de união 5a e 5b de um cano da junta de me-

tal 2a substancialmente as mesmas como as espessuras de parede dos canos de metal unidos 3a e 3b, as duas podem ser unidas bem, de modo que nenhuma das extremidades dos canos de metal 3a ou 3b ou partes da superfície de união 5a e 5b fica ressaltada depois da união.

5 Nas modalidades das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida da presente invenção, quando unindo uma parte da superfície de união de uma junta de metal e uma face de extremidade de um cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida, a pressão de superfície das partes adjacentes da parte da superfície de união e face de extremidade é
10 preferivelmente induzida na faixa de 5 a 20 MPa.

A pressão de superfície, como mostrado na figura 19, foi encontrada dividindo a quantidade de aumento da pressão na direção axial do cano sobre a pressão na direção axial do cano quando a parte da superfície de união da junta de metal e a face de extremidade do cano de metal encostaram pela área das partes adjacentes.
15

A figura 27 mostra a pressão de superfície na qual o empeno ocorre devido à pressão na direção axial do cano no momento do aquecimento de canos de metal das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida, a pressão de superfície na qual a fratura ocorre nas superfícies de união quando aplicando tensão de tração nas juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida nas quais nenhum empeno ocorreu e a pressão de superfície na qual a fratura ocorreu nas partes do corpo do cano.
20

Se induzindo a pressão de superfície em 22 MPa, antes que a temperatura de ligação alcance 1200°C, a carga começa a cair e a parte da extremidade do cano empena. Se induzindo a pressão de superfície para 5 a 20 MPa, no teste de tração, todas as peças fraturam nos corpos do cano. Com uma pressão de superfície de 4 MPa ou menos, como resultado dos testes de tração, as peças fraturam a partir das superfícies de união. A partir desses resultados, é aprendido que a pressão de superfície fica preferivelmente na faixa de 5 a 20 MPa.
25
30

Ademais, a regulação de tempo do início do aquecimento das partes adjacentes não é particularmente limitada. É possível aplicar pressão

na direção axial do cano depois do início do aquecimento, mas pelo início do aquecimento depois de induzir a superfície de união de uma junta de metal e a face de extremidade de um cano de metal a encostarem, é possível limitar a oxidação nas superfícies de contato para um mínimo.

5 Além do mais, a temperatura de aquecimento não é particularmente limitada, mas 1150 a 1250°C é preferido.

 Nas modalidades da presente invenção, o material de inserção é formado por um metal amorfo ou liga amorfa, etc. Uma folha de um metal amorfo ou liga amorfa é preferível. Nessa modalidade, é importante interpor
10 o metal amorfo ou a liga amorfa nas superfícies de união e aquecer enquanto mantendo a pressão de superfície. Diferente de uma folha, um pó, flocos, galvanização, etc. podem também ser usados. A espessura do material de inserção não é particularmente limitada, mas no caso de uma folha, 10 a 50 µm é preferível. Uma pluralidade de lâminas de folhas pode também ser u-
15 sada sobreposta.

 O material de inserção não é particularmente limitado, mas quando a junta de metal e os canos de metal são canos de aço, uma liga amorfa com base em Ni ou base em Fe é preferível. Como exemplos de uma liga amorfa com base em Ni ou base em Fe, existem folhas contendo, por
20 em %, um ou mais de 2 a 10% de Si, 2 a 10% de B, 2 a 10% de V, 2 a 5% de P e 2 a 5% de C e tendo em equilíbrio de Ni ou Fe produzido pelo esfriamento rápido e método de solidificação.

 Ademais, mesmo se o material de inserção é interposto somente nas partes adjacentes, é obtida uma junta de cano ligada por difusão com
25 fase líquida com resistência de união suficientemente excelente, mas pode também ser interposto entre a superfície de inclinação e a superfície interna de um cano de metal. Quando colocando um material de inserção entre uma superfície de inclinação e uma superfície interna do cano de metal, o material de inserção pode ser uma galvanização de modo a não ser descamado
30 devido à fricção.

 Acima, modalidades preferidas da presente invenção foram explicadas, mas as modalidades são ilustrações. A presente invenção não de-

ve ser interpretada limitada às modalidades acima e aos exemplos mostrados abaixo. É evidente que uma pessoa sendo versada no campo da técnica ao qual a presente invenção pertence pode facilmente fazer várias modificações e correções dentro do escopo da ideia técnica da presente invenção.

- 5 Será entendido que esses também naturalmente se situam sob o escopo técnico da presente invenção.

Exemplo 1

Canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre partes inclinadas cônicas 6 de juntas de metal 2 mostradas na figura 11 enquanto sendo expandidos e materiais de inserção 9 foram usados e a ligação por difusão com fase líquida executada para obter juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 1.

Nas partes da superfície de união 5 das juntas de metal 2, materiais de inserção 9 compreendidos de um metal amorfo com base em Ni (Si: 3,5 em %, B: 3,0 em % e equilíbrio: Ni e impurezas inevitáveis, abaixo. “com base em Ni 1”, o mesmo na tabela) foram aderidos e mantidos.

As razões de expansão quando fixando por atrito os canos de metal 3 sobre as partes inclinadas cônicas foram induzidas para 2 ou 5%. As faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostar contra superfícies de parede correspondendo com as partes da superfície de união 5 para aplicar pressões de superfície de 5 a 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1100°C ou 1200°C para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

25 A tabela 2 mostra as características dos canos de metal 3 e juntas de metal 2 e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Entre as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida produzidas, as peças de teste A1 a A3 foram usadas para os testes de tração, nos quais todas fraturaram nos corpos dos canos de metal 3. Ademais, as peças de teste A4 a A6 foram usadas para os testes de curvatura, nos quais todas empenaram nos corpos dos canos de metal 3.

Para comparação, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre partes inclinadas cônicas 6 sem expansão e materiais de inserção 9 foram usados para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. Os resultados são mostrados como as peças de testes B1 a B6 da tabela 1.

As peças de teste B1, B2 e B4 na tabela 1 são exemplos onde as extremidades dos canos de metal 3 foram fixadas por atrito antecipadamente sobre as partes inclinadas cônicas 6, mas os diâmetros internos das extremidade dos canos de metal 3 foram impedidos de expandir quando sendo fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 fazendo os diâmetros internos das extremidade dos canos de metal 3 um pouco maiores do que os diâmetros externos das partes inclinadas cônicas 6 das juntas de metal 2.

As peças de teste B3, B5 e B6 na tabela 1 são exemplos de indução direta das faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 a encostarem contra as superfícies da parede correspondendo com as partes da superfície de união 5 através de materiais de inserção 9 sem expandir os canos de metal 3. Depois disso, elas foram fixadas em posições nas direções axiais do cano e aplicadas pressões de superfície de 5 a 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1100°C ou 1200°C.

A peça de teste 11 empenou durante o aquecimento no cano de metal 3, então uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 não pôde ser produzida.

As peças de teste 7 a 9 foram usadas para testes de tração, nos quais todas as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união. Ademais, as peças de teste 10 e 12 foram usadas para testes de curvatura, nos quais ambas as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união.

Exemplo 2

Como mostrado na figura 28, juntas de metal 2 foram produzidas com partes inclinadas cônicas 6, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 enquanto sendo expandidos e materiais de inserção 9 foram usados e a ligação por difusão com fase líquida executada para obter juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 29.

Nas partes da superfície de união 5 das juntas de metal 2, como materiais de inserção 9, metais amorfos com base em Ni (Si: 3,0 em %, B: 3,0 em %, V: 2,5 em %, equilíbrio: Ni e impurezas inevitáveis, abaixo “com base em Ni 2”, o mesmo na tabela) foram aderidos e mantidos.

As razões de expansão quando fixando por atrito os canos de metal 3 sobre as partes inclinadas cônicas foram induzidas para 2,5 ou 5%. As faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostarem contra as superfícies de parede correspondendo com as partes da superfície de união 5 para aplicar pressões de superfície de 5 a 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1200°C para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

A tabela 2 mostra as características dos canos de metal 3 e juntas de metal 2 e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Entre as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida produzidas, as extremidades do cano dos canos de metal 3 das peças de teste C1 a C3 foram rosqueadas, conexões para testes de tração foram presas e as peças foram usadas para os testes de tração. Como resultado, todas as peças de teste fraturaram a partir das partes rosqueadas.

Para comparação, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre partes inclinadas cônicas 6 sem expansão e materiais de inserção 9 foram usados para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. Os resultados são mostrados como as peças de teste D1 a D3 da tabela 2.

A peça de teste D1 é um exemplo que tem uma parte inclinada cônica 6, mas quando mesmo um cano de metal 3 é fixado por atrito sobre ela, o cano de metal 3 não é expandido, enquanto as peças de teste D2 e D3 são exemplos onde as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 são induzidas a encostarem diretamente contra as superfícies de parede correspondendo com as partes da superfície de união 5 através dos materiais de inserção 9.

Depois disso, elas foram fixadas nas posições nas direções axiais do cano, aplicadas pressões de superfície de 5 a 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1100°C ou 1200°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

As peças de teste D1 a D3 foram rosqueadas para os testes de tração e usadas para os testes de tração, nos quais todas as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união.

Tabela 2

Cano de metal			Junta de metal				Condições da união					Teste de tração		
	Diâmetro externo	Espesura da parede	Material	Parte inclinada cônica			Material	Razão de expansão	Material de inserção	Pressão de superfície da união	Tem p.da união	Tempo de aquecimento	Localização da fratura	
				Cone	Comprimeto	Diâmetro max..								Diâmetro min.
T.F. X. E.	89	8	SGP	1/16	189,2	74,83	63	SS400	2,5	Com base em Ni 2	5	1200	5	Parte rosqueada
				1/6	81,9	76,65	63		5		10	1200	5	Parte rosqueada
												20	1200	5
F.X. Comp.	89	8	SGP	0	0,0	72,00	72	SS400	0	Com base em Ni 2	5	1200	5	Fratura de superfície da união
				Sem parte inclinada cônica							10	1200	5	Fratura de superfície da união
												20	1200	5

Exemplo 3

Como mostrado na figura 12, partes inclinadas cônicas 6 foram produzidas em estruturas de metal, isto é, paredes 21, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 enquanto sendo expandidos, e materiais de inserção 9 foram usados e a ligação por difusão com fase líquida executada para obter juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 2.

Nas partes da superfície de união 5 das juntas de metal 2, como materiais de inserção 9, materiais com base em Ni 1 foram aderidos e mantidos. As razões de expansão quando fixando por atrito os canos de metal 3 sobre as partes inclinadas cônicas foram induzidas para 2% ou 5%.

As faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostarem contra as superfícies de parede correspondendo com as partes da superfície de união 5 para aplicar pressões de superfície de 15 MPa ou 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1150°C ou 1200°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

A tabela 3 mostra as características dos canos de metal 3 e das estruturas de metal 11 e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Entre as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida produzidas, as extremidades do cano dos canos de metal 3 das peças de teste E1 e E2 foram rosqueadas, conexões para os testes de tração foram presas e as peças foram usadas para os testes de tração. Como resultado, todas as peças de teste fraturaram a partir das partes rosqueadas.

Para comparação, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre partes inclinadas cônicas 6 sem expansão e os materiais de inserção 9 foram usados para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. Os resultados são mostrados como as peças de teste F1 e F2 da tabela 3.

A peça de teste F1 é um exemplo que tem a parte inclinada cônica 6, mas onde mesmo se o cano de metal 3 é fixado por atrito, o cano de

metal 3 não é de diâmetro expandido, enquanto a peça de teste F2 é um exemplo onde a face de extremidade 8 do cano de metal 3 é induzida a encostar diretamente contra a superfície da parede correspondendo com a parte da superfície de união 5 através do material de inserção 9.

5 Depois disso, as peças foram fixadas nas posições nas direções axiais do cano, aplicadas pressões de superfície de 15 ou 20 MPa, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1150°C ou 1200°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

10 As peças de teste F1 e F2 foram rosqueadas para os testes de tração e usadas para os testes de tração, nos quais todas as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união.

Tabela 3

Cano de metal			Junta de metal					Condições da união					Teste de tração	
	Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Parte inclinada cônica				Material	Razão de expansão	Material de inserção	Pressão da superfície de união	temperatura da união	Tempo de aquecimento	Localização da fratura
	(mm)	(mm)		Cone	Comprimimento	Diâmetro Max.	Diâmetro Min.							
Fx. Inv.	50	10	SCM4	1/4	22,4	30,60	25	SCM4	2	Com	15	1200	1	Parte rosqueada
									5	base em Ni	20	1150	1	Parte rosqueada
Fx. Comp.				0	26,0	31,50	25	SCM4	0	Com base em Ni	15	1200	1	Fratura da superfície da união
	50	10	SCM4		Sem parte inclinada cônica	26,0	29,00							29

Exemplo 4

Extremidades de dois dos mesmos canos de metal 3 foram fixadas por atrito sobre os dois lados dos canos da junta de metal 2 para expandi-los e produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

5 A tabela 4 e a tabela 6 mostram as características dos canos de metal 3 e juntas de metal 2 e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. As peças de teste G1 a G29 da tabela 4 e as peças de teste I1 A I12 da tabela 6 são exemplos de acordo com a presente invenção e correspondem com a junta A mostrada na figura 21A.

10 Os canos de metal 3 eram canos de aço de diâmetros externos de 76,3 a 318,5 mm e qualidades de material de STKM13A, S45C, SCM4, SM490 ou SUS304. As formas cônicas das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2 eram de 1/16 a 1/4. Nas superfícies externas dos canos da junta de metal 2, partes da superfície de união 5 tendo larguras iguais às espessuras de parede dos canos de metal 3 ou mais foram produzidas.

15 As razões de expansão quando fixando por atrito os canos de metal 3 sobre as partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2 foram induzidas para 2 a 10%. Aqui, a “razão de expansão” pode ser expressa pela taxa de aumento do diâmetro interno na posição de expansão máxima mostrada na fórmula (2) seguinte. Ademais, a “razão da espessura da parede” é a razão da espessura da parede da extremidade do cano em relação à espessura de parede média e significa um aumento na espessura da parede da extremidade do cano devido à expansão.

25 Razão de expansão (%) = [(diâmetro interno máximo depois da expansão - diâmetro interno inicial) / diâmetro interno inicial] x 100 ... (2)

A razão de expansão e a razão da espessura da parede foram calculadas a partir do diâmetro externo do cano e da espessura da parede medida por um medidor de espessura ultrassônico, etc. depois da expansão e união. A razão da espessura da parede foi alterada pela temperatura no momento da expansão e união e a pressão na direção axial do cano quando aplicando pressão de superfície nas superfícies de união.

As juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 foram

formadas pela fixação por atrito dos canos de metal 3 sobre as partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2 e aplicando pressão na direção axial do cano para expandi-los enquanto fixando por atrito.

Nas partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2, materiais de inserção 9 compreendidos de metal amorfo com base em Ni 1, com base em Ni 2 ou com base em Fe (Si: 2,5 em %, B: 3,5 em %, equilíbrio: Fe e impurezas inevitáveis, abaixo, “com base em Fe”, o mesmo na tabela) foram aderidos e mantidos.

Depois disso, as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2 e o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1050°C a 1300°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Entre as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 produzidas, as peças de teste G1 a G29 foram usadas para os testes de tração, nos quais todas fraturaram nos corpos dos canos de metal 3. Ademais, as peças de teste I1 a I12 produzidas sob as condições mostradas na tabela 6 foram usadas para testes de curvatura em quatro pontos, nos quais todas as peças de teste empenaram nos corpos dos canos de metal 3.

Como exemplos comparativos, as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 correspondendo com a junta B mostrada na figura 21B e a junta C mostrada na figura 21C foram produzidas. As peças de teste H4 a H9 na tabela 5 e as peças de teste J4 a J6 na tabela 6 eram as juntas B, enquanto as peças de teste H10 a H12 na tabela 5 eram as juntas C.

As faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2 ou as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 sem expandir os canos de metal 3. Depois disso, elas foram fixadas nas direções axiais do cano, depois o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1200°C ou 1250°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Ademais, as peças de teste H1 a H3 da tabela 5 e as peças de

teste J1 a J3 da tabela 6 são outros exemplos comparativos que são formados como a forma da junta A, mas onde as extremidades dos canos de metal 3 foram trabalhadas para produzir nelas formas abertas substancialmente iguais às formas como as partes inclinadas cônicas dos canos da junta de metal 2 e os elementos foram então unidos para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Essas juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 tinham diâmetros internos das extremidades dos canos de metal 3 criados ligeiramente maiores do que os diâmetros externos das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2. Os canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre as partes cônicas frontais 6 dos canos da junta de metal 2 sem expansão e unidos a elas usando materiais de inserção 9.

Entre as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 produzidas como exemplos comparativos, as peças de teste H1 a H12 foram usadas para os testes de tração, enquanto as peças de teste J1 a J6 foram usadas para os testes de curvatura em quatro pontos. Nos testes de tração e nos testes de curvatura em quatro pontos, todas as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união.

A partir dos resultados de teste acima, nas peças de testes G1 a G29 e I1 a I12 de acordo com os exemplos da presente invenção, desde que as extremidades dos canos de metal 3 foram fixadas por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 para expandi-las e as espessuras da parede das extremidades dos canos de metal 3 foram aumentadas sobre as espessuras de parede média dos corpos do cano, foi verificado que mesmo no momento da aplicação de uma carga de tração ou carga de curvatura, as resistências da união das partes ligadas por difusão com fase líquida pode ser igual às resistências dos corpos dos canos de metal 3 ou maior.

Em oposição a isso, as peças de teste H1 a H12 e J1 a J6 dos exemplos comparativos não tinham as extremidades dos canos de metal 3 expandidas e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal 3 não foram aumentadas muito sob qualquer condição também, então comparado com os exemplos da presente invenção, as resistências das partes ligadas por difusão com fase líquida deterioraram nitidamente.

Tabela 4

	Cano de metal					Cano da junta de metal			Condições da união				Teste de tração				
	Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espessura da parede	Cone frontal	Comprimento (mm)	Diâmetro Max. (mm)	Diâmetro Min. (mm)	Material	Material de inserção	Temp. de aquecimento (°C)		Tempo de aquecimento (min)	Tensão axial máxima (MPa)		
Ex. Inv.	G1	76,3	4	STKM13A	10	1,1	1/4	67,3	75,13	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1050	3	10	Corpo do cano	
	G2					1,15							1050	3	15		Corpo do cano
	G3					1,05							1050	3	5		
	G4				5	1,12	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1200	1	12	Corpo do cano	
	G5					1,2							1200	1	20		Corpo do cano
	G6					1,05							1150	1	5	Corpo do cano	
	G7				2,5	1,05	1/16	187,3	70,01	58,3	SS400	Com base em Ni 2	1200	5	5	Corpo do cano	
	G8					1,08							1200	5	8		Corpo do cano
	G9					1,1							1200	5	10	Corpo do cano	
	G10				5	1,17	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1300	1	17	Corpo do cano	
	G11					1,05							1300	1	5		Corpo do cano
	G12					1,2							1200	3	20	Corpo do cano	
	G13				5	1,1	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Fe	1200	3	10		Corpo do cano
	G14					1,1							1200	3	10	Corpo do cano	

Tabela 4 (continuação)

Cano de metal															Cano da junta de metal					Condições da união				Teste de tração
Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espessura da parede	Cone frontal	Comprimento (mm)	Diâmetro Max. (mm)	Diâmetro Min. (mm)	Material	Material de inserção	Temp. de aquecimento (°C)	Tempo de aquecimento (min)	Tensão axial máxima (MPa)	Localização da fratura										
G15	89	S45C	2	1,15	1/8	91,4	72,42	61	S45C	Com base em Ni 1	1220	5	15	Corpo do cano										
G16				1,05					SCM4		1220	5	5		Corpo do cano									
G17				1.1					S45C		1220	5	10											
G18				1.15					SCM4		1220	5	15											
G19				1.2					S45C		1220	5	20											
G20				1.2					SCM4		1220	5	20											
G21	177.8	SCM4	10	1.03	1/10	257.0	172.70	147	SCM4	Com base em Ni 1	1250	10	3	Corpo do cano										
G22				1.1							1250	10	10		Corpo do cano									
G23				1.15							1250	3	15											
G24	318.5	SM490	2.5	1.05	1/4	87.5	281.36	259.5	SCM4	Com base em Ni 1	1250	60	5	Corpo do cano										
G25				1.1							1250	30	10		Corpo do cano									
G26				1.2							1250	10	20											
G27	76.3	SUS304	5	1.2	1/8	67.3	71.72	63.3	SUS304	Com base em Ni 1	1250	20	20	Corpo do cano										
G28				1.1							1250	10	10		Corpo do cano									
G29				1.1							1250	1	10											

Ex. Inv.

Tabela 5

		Cano de metal				Cano da junta de metal				Condições da união				Teste de tração				
		Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espessura da parede	Cone frontal	Comprimimento (mm)	Diâmetro Max. (mm)	Diâmetro Min. (mm)	Material de inserção	Temp. de aquecimento (°C)	Tempo de aquecimento (min)	Tensão axial máxima (MPa)	Localização da fratura			
FX Comp.	H1	76,3	4	STKM13A	Nenhuma	1	1/8	77,6	68,00	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1250	3	10	Corpo do cano		
	H2												1,07	1250	3		15	Corpo do cano
	H3												1,02	1250	3		5	
	H4	76,3	4	STKM13A	Nenhuma	1,03	0	77,6	68,00	68	SS400	Com base em Ni 1	1200	1	12	Corpo do cano		
	H5												1,05	1200	1		20	Corpo do cano
	H6												1,07	1200	1		5	
	H7	89	9	S45C	Nenhuma	1,02	0	50,0	70,00	70	S45C	Com base em Ni 1	1250	5	5	Corpo do cano		
	H8												1	1250	5		8	Corpo do cano
	H9												1,05	1250	5		10	
	H10	76,3	4	STKM13A	Nenhuma	1,01	Canos de metal juntos				Com base em Ni 1	1200	1	17	Corpo do cano			
	H11											1,05	1200	1		5	Corpo do cano	
	H12											1	1200	3		20		

Tabela 6

		Cano de metal				Cano da junta de metal				Condições de união				Teste de curvatura						
		Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Razão de expansão	Razão de espessura da parede	Cone frontal	Comprimimento	Diâmetro Max.	Diâmetro Min.	Material	Material de inserção	Temperatura de aquecimento	Tempo de aquecimento	Tensão axial máxima	Localização da fratura				
																	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Ex. Inv.	I1	76,3	4	STKM13A	10	1,1	1/4	67,3	75,13	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1200	3	10	Empeno do corpo do cano				
	1,15					1200							3	15	Empeno do corpo do cano					
	5				1,05	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Ni 2	1250	3	5	Empeno do corpo do cano					
					1,12							1250	3	12	Empeno do corpo do cano					
	2,5				1,2	1/16	187,3	70,01	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1200	5	20	Empeno do corpo do cano					
					1,05							1200	5	5	Empeno do corpo do cano					
	I7	76,3	4	STKM13A	5	1,15	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Ni 1	1300	1	15	Empeno do corpo do cano				
	1,2					1300							1	20	Empeno do corpo do cano					
	5				1,1	1/8	107,3	71,72	58,3	SS400	Com base em Fe	1250	3	10	Empeno do corpo do cano					
					1,08							1250	3	8	Empeno do corpo do cano					
	I11				318,5	22	SM490	2,5	1,18	1/4	67,5	281,36	264,5	SCM4	Com base em Ni 1		1250	60	18	Empeno do corpo do cano
	1,1								1250								30	10	Empeno do corpo do cano	
Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união				Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união	Superfícies de união		

Exemplo 5

Canos de metal de parede fina 3a e canos de metal de parede grossa 3b diferindo nas espessuras de parede ou diâmetros externos foram diretamente unidos sem passar através de cano da junta de metal para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 3. A tabela 7 mostra as características dos canos de metal de parede fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Para manter a pressão de superfície no momento do aquecimento, uma pressão na direção axial do cano foi aplicada para induzir as faces de extremidade 8b dos canos de metal de parede fina 3b a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos de metal de parede grossa 3b, a seguir restringir a deformação na direção axial e utilizar a expansão térmica devido ao aquecimento.

Como mostrado na tabela 7, as peças de teste K1 a K10 de acordo com os exemplos da presente invenção são exemplos onde as extremidades dos canos de metal de parede grossa 3b foram produzidas com partes inclinadas cônicas 6 e partes da superfície de união 5 e os canos de metal de parede fina 3a foram fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. Devido às partes inclinadas cônicas 6 dos canos de metal de parede grossa 3b, as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a foram expandidas e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal de parede fina 3a foram aumentadas a partir das espessuras de parede média dos corpos do cano.

As faces de extremidade 8a dos canos de metal de parede fina 3a foram induzidas a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos de metal de parede grossa 3b e o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1200 a 1250°C. As juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 obtidas foram usadas para testes de tração, nos quais todas as peças de teste K1 a K10 fraturaram a partir dos corpos dos canos de metal de parede fina 3a.

Como exemplos comparativos, faces de extremidade 8a dos canos de metal de parede fina 3a e faces de extremidade 8b dos canos de metal de parede grossa 3b com superfícies externas não formadas com partes inclinadas cônicas foram unidas, materiais de inserção 9 foram usados e o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1200°C ou 1250°C para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 sem as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a expandidas pelas superfícies de inclinação 7. As juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 produzidas são mostradas na tabela 7 como as peças de teste L1 a L6. As peças de teste L1 a L6 das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 foram usadas para os testes de tração. Como resultado, elas fraturaram a partir das superfícies de união dos canos de metal de parede fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b.

A partir dos resultados de teste acima, nas peças de teste K1 a K10 de acordo com os exemplos da presente invenção, desde que as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a foram fixadas por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 dos canos de metal de parede grossa 3b para expandi-los e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal de parede fina 3a foram aumentadas sobre as espessuras de parede médias dos corpos do cano, foi verificado que no momento da aplicação da carga de tração, as resistências de união das partes ligadas por difusão com fase líquida podem ser iguais às resistências dos corpos dos canos de metal 3 ou maiores.

As peças de teste L1 a L6 de acordo com os exemplos comparativos não tinham as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a expandidas e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal de parede fina 3a não foram aumentadas muito sob qualquer condição também, então em comparação com os exemplos da invenção, as resistências das partes ligadas por difusão com fase líquida podem ser consideradas muito baixas.

Tabela 7

	Cano de metal 1 (cano de parede fina)					Cano de metal 2 (cano de parede grossa)							Condições da união			Teste de tração		
	Diâmetro externo	Espesura da parede	Material	Razão de expansão	Razão da espesura da parede	Diâmetro externo	Es-pessura da parede	Cone frontal	Com-primen-to da parte inclina-da	Diâ-me-tro máxi-mo da parte inclina-da	Diâ-me-tro mínimo da parte inclina-da	Material	Material de inserção	Temp. de aque-cimen-to	Tem-po de aque-ci-men-to		Ten-são axial máxi-ma	
																		(mm)
Ex. Inv.	K1	4	STKM13A	5	1,1	76,3	10	1/8	67,3	71,72	63,3	Com base em Ni 1		1250	3	10	Corpo do cano	
	K2			2	1,1	8	1/6	38,2	69,67	63,3	1200			5	10	Corpo do cano		
	K3			2	1,05	25	1/8	50,9	69,67	63,3	1250			3	5	Corpo do cano		
	K4			5	1,05	15	1/10	84,2	71,72	63,3	1200			5	5	Corpo do cano		
	K5			10	1,1	25	1/4	44,1	66,33	55,3	1250			5	10	Corpo do cano		
	K6	4	S45C	5	1,05	89	15	1/8	67,3	71,72	63,3	Com base em Ni 2		1200	5	5	Corpo do cano	
	K7	10,4	SCM4	2	1,1		22	1/8	65,1	160,14	152	Com base em Ni 1			1250	3	10	Corpo do cano
	K8			2	1,1		30	1/8	65,1	160,14	152	1250			3	10	Corpo do cano	
	K9			2	1,05		22	1/8	66,2	167,08	158,8	1250			3	5	Corpo do cano	
	K10			5	1,05		30	1/10	131,9	171,99	158,8	1250			3	5	Corpo do cano	
Ex. Comp.	L1	4	STKM13A	Nenhuma	1,1	76,3	10	1/8	37,6	68,00	63,3	Com base em Ni 1		1250	3	10	Superfície de união	
	L2			Nenhuma	1,1	10	1/8	37,6	68,00	63,3	1250	3		10	Superfície de união			
	L3			Nenhuma	1,05	25	1/8	29,6	67,00	63,3	1250	3		5	Superfície de união			
	L4	10,4	SCM4	Nenhuma	1,1	177,8	22	1/8	32,0	156,00	152	Com base em Ni 1		1250	3	10	Superfície de união	
	L5			Nenhuma	1,1	30	1/8	32,0	156,00	152	1250	3		10	Superfície de união			
	L6			Nenhuma	1,05	22	1/8	64,0	163,00	155	1250	3		5	Superfície de união			

Exemplo 6

As extremidades de dois dos mesmos canos de metal 3 foram fixadas por atrito sobre os dois lados dos canos da junta de metal 2 com ângulos θ alterados formados pelas partes da superfície de união 5 e partes inclinadas cônicas 6 para expansão para produzir juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 4. A tabela 8 mostra as características dos canos de metal e canos da junta de metal e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida.

As peças de teste M1 a M9 na tabela 8 são exemplos da presente invenção e exemplos da união dos canos de metal 3 com diâmetros externos de 76,3 mm ou 177,8 mm, espessuras de parede de 4 mm ou 10,3 mm e qualidades de material de SCM 4 ou STKM13A usando canos da junta de metal 2

Para manter a pressão de superfície no momento do aquecimento, uma pressão na direção axial do cano foi aplicada para induzir as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2, a seguir restringir a deformação na direção axial e utilizar a expansão térmica devido ao aquecimento.

Os canos da junta de metal 2 foram produzidos com várias partes inclinadas cônicas 6 pela usinagem e materiais de inserção 9 foram aderidos nas partes da superfície de união 5. Aqui, os ângulos θ formados pelas partes da superfície de união 5 e partes inclinadas cônicas 6 foram induzidos para 70 a 110°C.

Os canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 com razões de expansão de 5%, as faces de extremidade 8 dos canos de metal 3 foram induzidas a encostarem contra as partes da superfície de união 5 para fixar as posições nas direções axiais do cano, a seguir o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1050 a 1250°C. As razões da espessura da parede foram alteradas pelas temperaturas no momento da expansão e união e a pressão na direção axial do cano quando aplicando pressões de su-

perfície nas superfícies de união 5.

As peças de teste de todas as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 obtidas foram medidas para razões de espessura de parede e usadas para os testes de tração. Como resultado dos testes de tração, todas as peças de teste M1 a M9 fraturaram nos corpos dos canos de metal 3.

Como exemplos comparativos, canos da junta de metal 2 com ângulos θ formados pelas partes da superfície de união 5 e as partes inclinadas cônicas 6 de 60°, 65° e 115° foram usados, canos de metal 3 foram fixados por atrito sobre as partes inclinadas cônicas 6 para expansão, materiais de inserção 9 foram usados e o aquecimento por indução foi usado para aquecer as proximidades das superfícies de união para 1050 a 1250°C para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1. Essas são mostradas na tabela 8 como as peças de teste N1 a N7.

No exemplo usando um cano da junta de metal 2 com um θ de 115°, no estágio de aplicação da pressão na direção axial do cano no momento da produção da junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1, as extremidades dos canos de metal 3 deformaram em formas abertas como mostrado na figura 9 e uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida 1 adequada não pôde ser formada.

No caso de um θ de 65° ou menos, juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 puderam ser formadas, mas deformação notável ocorreu nas partes da superfície de união 5. Quando usando as peças de teste para os testes de tração, elas fraturaram a partir das superfícies de união.

A partir dos resultados de teste acima, nas peças de teste M1 a M9 de acordo com os exemplos da presente invenção, desde que os ângulos θ formados pelas partes da superfície de união 5 e partes inclinadas cônicas 6 são ajustados para uma faixa adequada, foi verificado que no momento da aplicação de uma carga de tração, as resistências de união das partes ligadas por difusão com fase líquida podem ser iguais às resistências dos corpos dos canos de metal 3 ou maiores.

As peças de teste N1 a N7 de acordo com os exemplos comparativos tinham os ângulos θ formados pelas partes da superfície de união 5 e partes inclinadas cônicas 6 fora da faixa adequada, então deformação inadequada ocorreu nas extremidades do cano dos canos de metal 3 no momento da união ou nas partes da superfície de união dos canos da junta de metal 2, portanto, comparado com os exemplos da invenção, as resistências de união das partes ligadas por difusão com fase líquida se tornaram menores ou juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 adequadas não puderam ser formadas.

Tabela 8

Cano de metal				Cano da junta de metal				Condições de união				Teste de tração					
Diâmetro externo		Espessura da parede	Material	Razão de expansão	Razão da espessura da parede	θ	Cone frontal	Comprimen- to	Diâmetro máxi- mo	Diâmetro mínimo	Material	Material de inserção	Tempera- tura de aqueci- mento	Tempo de aqueci- mento	Ten- são axial máxi- ma	Localização da fratura	
(mm)	(mm)	(mm)	(%)	(%)	(°)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		(°C)	(min)	(MPa)			
Ex. Inv.	M1				1,1	110							1050	3	10	Corpo do cano	
	M2				1,15	90							1250	10	15	Corpo do cano	
	M3				1,1	75					Com base em Ni 1		1250	10	10	Corpo do cano	
	M4	76,3	4	STKM13A	5	1,2	75	1/8	67,3	71,72	63,3	SS400		1200	5	20	Corpo do cano
	M5				1,05	75							1250	10	5	Corpo do cano	
	M6				1,1	70							1250	10	10	Corpo do cano	
Ex. Comp.	M7				1,03	110						Com base em Ni 1		1250	10	3	Corpo do cano
	M8	177,8	10,4	SCM4	5	1,1	90	1/10	128,5	164,85	152	SCM4		1250	10	10	Corpo do cano
	M9				1,15	70							1250	3	15	Corpo do cano	
	N1				1,1	115							1050	3	10	Aberto	
	N2				1,15	65						Com base em Ni 1		1250	10	15	Superficie de união
	N3	76,3	1	STKM13A	5	1,1	60	1/8	67,3	71,72	63,3	SS400		1250	10	10	Superficie de união
Ex. Comp.	N4				1,2	65							1200	5	20	Superficie de união	
	N5				1,03	115						Com base em Ni 1		1250	10	3	Aberto
	N6	177,8	10,4	SCM4	5	1,1	65	1/10	128,5	164,85	152	SCM4		1250	10	10	Superficie de união
	N7				1,15	65							1250	3	15	Superficie de união	

Ex. Inv.

Ex. Co mp.

Exemplo 7

Canos de metal de parede fina 3a e canos de metal de parede grossa 3b com os mesmos diâmetros externos e qualidades de material, porém espessuras de parede diferentes foram unidos através de canos da junta de metal 2a para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 5. A tabela 9 mostra as características dos canos de metal de parede fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Para manter a pressão de superfície no momento do aquecimento, uma pressão na direção axial do cano foi aplicada para induzir as faces de extremidade 8a dos canos de metal de parede fina 3a e as faces de extremidade 8b dos canos de metal de parede grossa 3b a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2a, a seguir restringir a deformação na direção axial e utilizar a expansão térmica devido ao aquecimento.

As extremidades dos canos de metal de parede fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b foram expandidas pelas partes inclinadas cônicas 6 e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal de parede fina 3a foram aumentadas. Além do mais, as peças de teste O1 a O10 de acordo com os exemplos da presente invenção em todas as combinações tinham ângulos de inclinação S_1 , S_2 das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2a, áreas transversais A_1 dos canos de metal de parede fina e áreas transversais A_2 dos canos de metal de parede grossa satisfazendo a fórmula (1) acima.

As peças de teste O1 a O10 das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 obtidas na maneira acima foram usadas para testes de tração, nos quais todas as peças de teste fraturaram a partir dos corpos dos canos de metal de parede fina.

As peças de teste P1 a P7 dos exemplos comparativos são exemplos não satisfazendo a fórmula (1). Nas peças de teste P1 a P3 e P5, devido à pressão na direção axial do cano no momento da produção das

juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1, as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a ou canos de metal de parede grossa 3b empenaram.

5 Nas peças de teste P4, P6 e P7, as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a ou dos canos de metal de parede grossa 3b não empenaram, mas quando usadas para testes de tração, as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união dos canos de metal de parede fina 3a ou dos canos de metal de parede grossa 3b.

10 A partir dos resultados de teste acima, foi verificado que nas peças de teste O1 a O10 de acordo com os exemplos da presente invenção, se os ângulos de inclinação S_1 , S_2 das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2a, as áreas transversais A_1 dos canos de metal de parede fina e as áreas transversais A_2 dos canos de metal de parede grossa satisfizerem a fórmula (1) acima, as extremidades dos canos de metal de parede
15 fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b não empenariam e a deterioração nas resistências da união das partes unidas dos canos de metal de parede fina 3a e dos canos de metal de parede grossa 3b poderia ser impedida.

20 As peças de teste P1 a P7 de acordo com os exemplos comparativos não satisfizeram a relação da fórmula (1) acima, então as extremidades dos canos de metal de parede fina 3a ou dos canos de metal de parede grossa 3b empenaram ou as partes unidas dos canos de metal de parede fina 3a ou dos canos de metal de parede grossa 3b fraturaram.

Tabela 9

	Cano de metal 1 (cano de parede fina)					Cano de metal 2 (cano de parede grossa)				Cano da junta de metal								Condições da união				Teste de tração		
	Diâmetro externo (mm)	Espesura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espesura da parede	Diâmetro externo (mm)	Espesura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Comprimento da parte 1 inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte 1 inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 1 inclinada (mm)	Comprimento da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 2 inclinada (mm)	Material	S1×A1 S2×A2	Material de inserção	Temperatura de aquecimento (°C)	Tempo de aquecimento (min)	Tensão axial máxima (MPa)			
O1	76,3	4	STK M13 A	5	1,1	76,3	6	STK M13 A	5	1/8	71,72	63,3	1/10	82,2	67,52	59,3	SS400	0,86	Com base em Ni 1	1250	3	10	Corpo do cano	
O2		4		2	1,1		7		2	1/8	69,67	63,3	1/16	99,9	63,55	57,3		1,19		1200	5	10		Corpo do cano
O3		3,5		5	1,1		5,6		5	1/8	72,77	64,3	1/10	82,6	68,36	60,1		0,80		1200	5	10		Corpo do cano
O4		6		2	1,05		10		5	1/6	65,59	59,3	1/10	78,2	59,12	51,3		1,06		1250	3	5		Corpo do cano
O5		6		5	1,05		10		2	1/12	67,52	59,3	1/16	98,0	57,43	51,3		0,85		1200	5	5		Corpo do cano
O6		6,5		10	1,1		10		2	1/8	69,63	58,3	1/14	85,8	57,43	51,3		1,20		1250	5	10		Corpo do cano
O7	177,8	10,4	SCM 4	2	1,1	177,8	14	SCM 4	2	1/8	160,14	152	1/10	80,0	152,80	144,8	SCM 4	0,95	Com base em Ni 2	1250	3	10	Corpo do cano	
O8		10,4		2	1,1		14		2	1/8	160,14	152	1/12	96,0	152,80	144,8		1,14		1250	3	10	Corpo do cano	
O9		7		2	1,05		14		2	1/8	167,08	158,8	1/14	111,9	152,80	144,8		0,91		1250	3	5	Corpo do cano	
O10		12		5	1,05		14		5	1/10	161,49	148,8	1/10	124,9	157,29	144,8		0,87		1250	3	5	Corpo do cano	

Tabela 9

Tabela 9 (continuação)

	Cano de metal 1 (cano de parede fina)					Cano de metal 2 (cano de parede grossa)				Cano da junta de metal								Condições da união				Teste de tração		
	Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espessura da parede	Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Razão de expansão (%)	Confronto frontal 1	Comprimimento da parte 1 inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte 1 inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 1 inclinada (mm)	Confronto frontal 2	Comprimimento da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 2 inclinada (mm)	Material	S1×A1 S2×A2	Temperatura de aquecimento (°C)	Tempo de aquecimento (min)		Tensão axial máxima (MPa)	
Tubo Comp.	P1	4	STK M13 A	5	1,1	76,3	6	STK M13 A	5	1/8	67,3	71,72	63,3	1/8	65,7	67,52	59,3		0,69	1250	3	10	Localização da fratura	
	P2	4	STK M13 A	5	1,1	76,3	7	STK M13 A	5	1/6	50,5	71,72	63,3	1/4	113,6	65,42	57,3	SS400	1,39	1250	3	10		
	P3	6		5	1,1		10		5	1/10	82,2	67,52	59,3	1/8	62,5	59,12	51,3		0,51	1250	3	10		
	P4	6		5	1,1		6		5	1/8	65,7	67,52	59,3	1/10	82,2	67,52	59,3		1,25	1250	3	10		
	P5	10,4		SCM 4	2	1,1	177,8	14	SCM 4	2	1/8	65,1	160,14	152	1/4	111,9	152,80	144,8	SCM 4	1,33	1250	3		10
	P6	10,4			5	1,1		14		2	1/8	102,8	164,85	152	1/8	64,0	152,80	144,8		0,76	1250	3		10
	P7	7			2	1,05		14		2	1/8	66,2	167,08	158,8	1/12	96,0	152,80	144,8		0,78	1250	3		5

Exemplo 8

Canos de metal de área transversal pequena 3a e canos de metal de área transversal grande 3b diferindo nas áreas transversais devido a um ou ambos das espessuras de parede ou dos diâmetros externos diferentes foram unidos através de canos da junta de metal 2a para produzir as juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 mostradas na figura 6. A tabela 10 mostra as características dos canos de metal de área transversal pequena 3a e canos de metal de área transversal grande 3b e as condições de produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1.

Para manter a pressão de superfície no momento do aquecimento, uma pressão na direção axial do cano foi aplicada para induzir as faces de extremidade 8a dos canos de metal de área transversal pequena 3a e as faces de extremidade 8b dos canos de metal de área transversal grande 3b a encostarem contra as partes da superfície de união 5 dos canos da junta de metal 2a, então restringir a deformação na direção axial e utilizar a expansão térmica devido ao aquecimento.

As extremidades dos canos de metal de seção transversal pequena 3a e dos canos de metal de seção transversal grande 3b foram expandidas pelas partes inclinadas cônicas 6 e as espessuras de parede das extremidades dos canos de metal de seção transversal pequena 3a foram aumentadas. Além do mais, Q1 a Q10 de acordo com os exemplos da presente invenção em todas as combinações tinham ângulos de inclinação S_1 , S_2 das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2a, as áreas transversais A_1 dos canos de metal de área transversal pequena e as áreas transversais A_2 dos canos de metal de área transversal grande satisfazendo a fórmula (1) acima.

As peças de teste Q1 a Q10 das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1 foram usadas para testes de tração, nos quais todas as peças de teste fraturaram a partir dos corpos dos canos de metal de seção transversal pequena 3a.

As peças de teste R1 a R9 de acordo com os exemplos comparativos são exemplos não satisfazendo a fórmula (1). Nas peças de teste R1,

R5, R7 e R8, devido à pressão na direção axial do cano no momento da produção das juntas de cano ligadas por difusão com fase líquida 1, as extremidades dos canos de metal de seção transversal pequena 3a ou dos canos de metal de seção transversal grande 3b empenaram.

5 Nas peças de teste R2 a R4, R6 e R9, as extremidades dos canos de metal de seção transversal pequena 3a ou dos canos de metal de seção transversal grande 3b não empenaram, mas quando usadas para testes de tração, as peças de teste fraturaram a partir das superfícies de união dos canos de metal de seção transversal pequena 3a ou dos canos de metal
10 de seção transversal grande 3b.

Dos resultados de teste acima, foi verificado que nas peças de teste Q1 a Q10 de acordo com os exemplos da presente invenção, se os ângulos de inclinação S_1 , S_2 das partes inclinadas cônicas 6 dos canos da junta de metal 2a, as áreas transversais A_1 dos canos de metal de área
15 transversal pequena e as áreas transversais A_2 dos canos de metal de área transversal grande satisfizerem a fórmula (1) acima, as extremidades dos canos de metal de área transversal pequena 3a e dos canos de metal de área transversal grande 3b não empenariam e a deterioração nas resistências de união das partes unidas dos canos de metal de área transversal
20 grande 3b e dos canos de metal de área transversal grande 3b poderia ser impedida.

As peças de teste R1 a R9 de acordo com os exemplos comparativos não satisfizeram a relação da fórmula (1) acima, então as extremidades dos canos de metal de seção transversal pequena 3a ou dos canos de
25 seção transversal grande 3b empenaram ou as partes unidas dos canos de metal de seção transversal pequena 3a ou dos canos de metal de seção transversal grande 3b fraturaram.

Tabela 10

	Cano de metal 1 (cano de metal de seção transversal pequena)				Cano de metal 2 (cano de metal de seção transversal grande)				Cano da junta de metal								Condições da união			Teste de tração			
	Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Razão da espessura da parede	Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Material	Razão de expansão (%)	Cone frontal 1	Comprimento da parte inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 1 inclinada (mm)	Cone frontal 2	Comprimento da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro máximo da parte 2 inclinada (mm)	Diâmetro mínimo da parte 2 inclinada (mm)	Material	S1×A1 S2×A2		Temperatura de aquecimento (°C)	Tempo de aquecimento (min)	Tensão axial máxima (MPa)
Q1	76,3	4	STK M13 A	5	1,1	89	4	STK M13 A	5	1/8	67,3	71,72	63,3	1/8	72,4	85,05	76	SS 400	0.85	1250	3	10	Corpo do cano
Q2		4		2	1,1	89	7		2	1/8	50,9	69,67	63,3	1/16	104,0	76,50	70		1.01	1200	5	10	
Q3	89	3,6	STK M13 A	2	1,05	76,3	10	STK M13 A	5	1/8	53,1	83,44	76,8	1/14	109,4	59,12	51,3	Com base em Ni ₁	0.80	1200	5	10	Corpo do cano
Q4		4		2	1,05	76,3	10		5	1/6	39,7	82,62	76	1/10	78,2	59,12	51,3		0.85	1250	3	5	
Q5	76,3	4	STK M13 A	5	1,05	76,3	8	STK M13 A	2	1/10	90,5	85,05	76	1/16	99,3	61,51	55,3	Com base em Ni ₁	1.00	1200	5	5	Corpo do cano
Q6		8		10	1,1	89	11,8		2	1/4	44,1	66,33	55,3	1/8	50,5	66,71	60,4		1.20	1250	5	10	
Q7	177,8	10,4	SCM ₄	2	1,1	193,4	10,4	SCM ₄	2	1/8	65,1	160,14	152	1/10	84,5	176,05	167,6	SC M4	1.14	1250	3	10	Corpo do cano
Q8		10,4		2	1,1	193,4	14		2	1/8	65,1	160,14	152	1/12	99,7	168,71	160,4		1.04	1250	3	10	
Q9	177,8	7	SCM ₄	2	1,05	193,4	12	SCM ₄	2	1/8	66,2	167,08	158,8	1/14	117,4	172,79	164,4	Com base em Ni ₁	0.96	1250	3	5	Corpo do cano
Q10		7		5	1,05	193,4	9		5	1/10	131,9	171,99	158,8	1/12	165,2	184,17	170,4		0.86	1250	3	5	

Tabela 10 (continuação)

	Cano de metal 1 (cano de metal de seção transversal pequena)				Cano de metal 2 (cano de metal de seção transversal grande)				Cano da junta de metal								Condições da união				Teste de tração					
	Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Razão de expansão	Razão da espessura da parede	Diâmetro externo	Espessura da parede	Material	Razão de expansão	Cone frontal 1	Comprimimento da parte inclínada	Diâmetro máximo da parte inclínada	Diâmetro mínimo da parte inclínada	Material	S1×A1 S2×A2	Material de inserção	Temperatura de aquecimento	Tempo de aquecimento	Tensão axial máxima							
																				(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
R1	76,3	4	4	STK	5	1,1	89	5	STK	5	1/8	67,3	71,72	63,3	1/8	71,6	82,95	74	0,69	Com base em Ni 1	1250	3	10	Empenando quando unido		
		4			2	1,1	89	7		2	1/8	50,9	69,67	63,3	1/12	78,0	76,50	70			0,76	1200	5		10	Parte unida
		4			2	1,05	76,3	8		5	1/8	53,0	82,62	76	1/16	128,2	63,32	55,3			1,24	1250	3		5	Parte unida
		4			5	1,05	76,3	8		2	1/10	90,5	85,05	76	1/12	74,5	61,51	55,3			0,75	1200	5		5	Parte unida
R5	76,3	8	8	10	1,1	89	11,8	2	1/6	66,2	66,33	55,3	1/6	37,8	66,71	60,4	0,60	1250	5	10	Empenando quando unido					
R6	10,4	2																				1,1	193,4	13	2	1/8
R7	177,8	10,4	10,4	SCM 4	2	1,1	193,4	10,4	SCM 4	2	1/8	65,1	160,14	152	1/12	101,4	176,05	167,6	1,37	Com base em Ni 1	1250	3	10	Empenando quando unido		
R8		7			2	1,05	193,4	12		2	1/8	66,2	167,08	158,8	1/10	83,9	172,79	164,4			0,69	1250	3		5	Empenando quando unido
R9		7		5	1,05	193,4	9		5	1/10	131,9	171,99	158,8	1/10	137,7	184,17	170,4	0,72	1250	3	5	Parte unida				

Aplicabilidade Industrial

- De acordo com a presente invenção, pelo controle da pressão de superfície no momento do aquecimento, é possível evitar fratura nas superfícies de união. Também, sem causar uma grande elevação nos custos de união, é possível proporcionar uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida unindo um material de metal e um elemento de metal, cano da junta ou cano de metal de parede grossa afunilado na superfície exterior em uma extremidade ou ambas as extremidades pela ligação por difusão com fase líquida e dessa maneira com uma excelente resistência de união. Além do mais, de acordo com a presente invenção, é possível proporcionar uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida conectando canos de metal de espessuras de parede diferentes, uma junta de cano ligada por difusão com fase líquida conectando canos de metal de diâmetros externos diferentes, etc.
- Dessa maneira, a presente invenção tem grande aplicabilidade industrial.

Lista dos Números de Referência

- 1 junta de cano ligada por difusão com fase líquida
- 2 junta de metal
- 2a cano da junta de metal
- 20 3, 3a, 3b cano de metal
- 4 eixo geométrico de simetria rotacional
- 5, 5a, 5b parte da superfície de união
- 6, 6a, 6b parte inclinada cônica
- 7, 7a, 7b superfície de inclinação
- 25 8, 8a, 8b face de extremidade
- 9 material de inserção
- 21 parede (estrutura de metal)
- 22 superfície da parede
- 23 canalização dentro da estrutura de metal
- 30 24 canalização conectando canalização dentro da estrutura de metal e cano de metal
- 41 aquecedor de indução

REIVINDICAÇÕES

1. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida (1), caracterizado pelo fato de que é compreendido de um acoplamento de metal (2) fornecido com uma parte inclinada cônica (6) fixada por atrito em uma
5 extremidade de um cano de metal (3) por uma força de compressão na direção axial do cano (4), de modo que o diâmetro interno do cano de metal é ampliado, e a extremidade do cano de metal e a parte inclinada cônica estão firmemente encaixadas, e uma parte da superfície de união (5) continuando a partir da dita parte inclinada cônica e unida com uma face de extremidade
10 (8) do cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida e um cano de metal (3) firmemente ampliado com a dita parte inclinada cônica no estado alargado e com uma face de extremidade unida com a dita parte da superfície de união pela ligação por difusão com fase líquida.

2. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a espessura da
15 extremidade do cano de metal engatada firmemente com a dita parte inclinada cônica no dito estado alargado é pelo menos da espessura do corpo do cano de metal.

3. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito
20 acoplamento de metal é formado em uma estrutura de metal (21).

4. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a dita estrutura de metal é fornecida com uma canalização (23) dentro dela e o dito acopla-
25 mento de metal é fornecido com uma canalização (24) conectando a dita canalização e o cano de metal.

5. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito acoplamento de metal é formado em uma extremidade de outro cano de me-
30 tal para ser unido com o cano de metal (3).

6. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que o dito

acoplamento de metal é um cano de acoplamento de metal (2a) fornecido com uma parte da superfície de união no seu centro e fornecido com partes inclinadas cônicas continuando a partir da dita parte da superfície de união nos seus dois lados.

- 5 7. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida (1) de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de que quando o ângulo de inclinação de uma parte inclinada cônica (6a) do dito cano de acoplamento de metal (2a) é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica (6b) é S_2 , a área transversal do cano de metal (3a) com uma
10 extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica (6a) do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade (8a) unida em uma superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 , e a área transversal de um cano de metal (3b) com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica (6b) do
15 ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade (8b) unida na outra superfície da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 ; S_1 , S_2 , A_1 e A_2 satisfazem a seguinte fórmula (1):

$$0,8 \leq (S_1 \times A_1) / (S_2 \times A_2) \leq 1,2 \quad \dots(1)$$

8. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de
20 acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de que a espessura do cano de metal da dita área transversal A_1 e a espessura do cano de metal da dita área transversal A_2 são diferentes.

9. Acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato
25 de que o ângulo formado pela dita parte inclinada cônica e a parte da superfície de união é 70 a 110°.

10. Método para produção de um acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida (1) como definido em qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que compreende

- 30 (i) fixar por atrito uma parte inclinada cônica (6) de um acoplamento de metal (2), fornecido com uma parte inclinada cônica a ser fixada por atrito dentro de uma extremidade de um cano de metal (3) enquanto

- alargando o dito cano de metal no diâmetro interno e firmemente engatando com a dita extremidade e uma parte da superfície de união (5) continuando a partir da dita parte inclinada cônica e unida com uma face de extremidade (8) do cano de metal pela ligação por difusão com fase líquida, por uma força de compressão na direção axial do cano de modo a fixá-lo por atrito na extremidade do cano de metal enquanto alargando o dito cano de metal no diâmetro interno e encostando a face de extremidade do cano de metal alargado e a parte da superfície de união do acoplamento de metal através de um material de inserção e
- 5
- 10 (ii) usar a força de compressão na direção axial do cano para manter uma pressão de superfície em uma parte adjacente incluindo o dito material de inserção enquanto aquecendo a dita parte adjacente para uma temperatura onde o material de inserção derrete e unindo a face de extremidade do cano de metal e a dita parte da superfície de união pela ligação por difusão com fase líquida.
- 15

11. Método para produção de um acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que o dito cano de metal é um cano de metal de um diâmetro interno maior do que o diâmetro externo mínimo e menor do que o diâmetro externo máximo da dita parte inclinada cônica.

20

12. Método para produção de um acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida (1) de acordo com a reivindicação 10 ou 11, caracterizado pelo fato de que compreende ainda

usar, como o dito acoplamento de metal (2), um cano de acoplamento de metal (2a) fornecido com uma parte da superfície de união no seu centro e fornecido com partes inclinadas cônicas (6a, 6b) continuando a partir da dita parte da superfície de união nos seus dois lados e unindo canos de metal nos dois lados do dito cano de acoplamento de metal pela ligação por difusão com fase líquida, em cujo caso, quando o ângulo de inclinação de uma parte inclinada cônica (6a) do dito cano de acoplamento de metal é S_1 , o ângulo de inclinação da outra parte inclinada cônica (6b) é S_2 , a área transversal do cano de metal (3a) com uma extremidade firmemente

25

30

engatada com a parte inclinada cônica (6a) do ângulo de inclinação S_1 e com uma face de extremidade (8a) unida em uma superfície (5a) da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_1 , e a área transversal de um cano de metal (3b) com uma extremidade firmemente engatada com a parte inclinada cônica (6b) do ângulo de inclinação S_2 e com uma face de extremidade (8b) unida na outra superfície (5b) da parte da superfície de união central pela ligação por difusão com fase líquida é A_2 ; S_1 , S_2 , A_1 e A_2 satisfazem a seguinte fórmula (1):

$$0,8 \leq (S_1 \times A_1) / (S_2 \times A_2) \leq 1,2 \quad \dots(1)$$

10 13. Método para produção de um acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a espessura do cano de metal da dita área transversal A_1 e a espessura do cano de metal da dita área transversal A_2 são diferentes.

15 14. Método para produção de um acoplamento de cano ligado por difusão com fase líquida de acordo com qualquer uma das reivindicações 10 a 13, caracterizado pelo fato de que a dita pressão de superfície é 5 a 20 MPa.

Fig.1

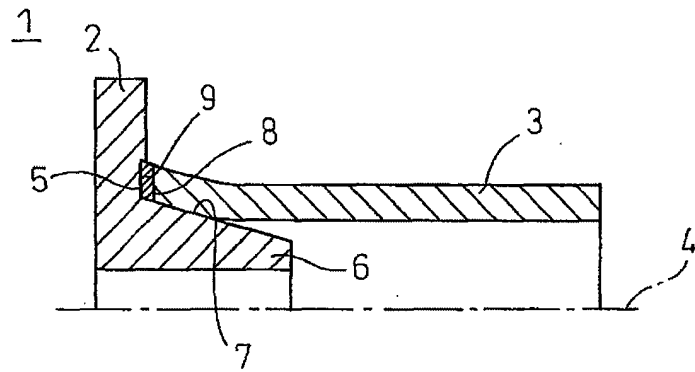


Fig.2

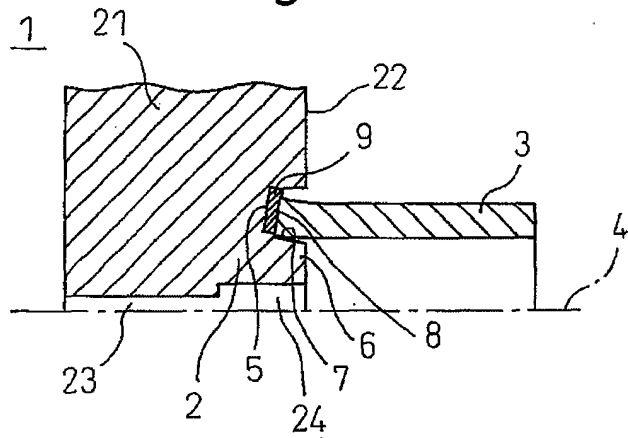


Fig.3

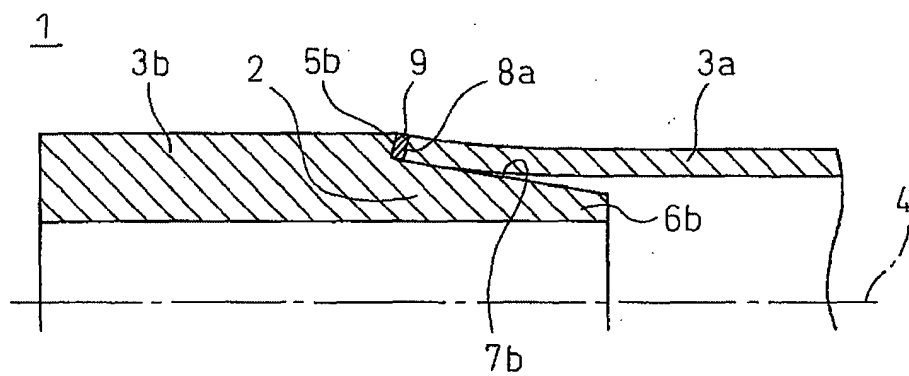


Fig.4

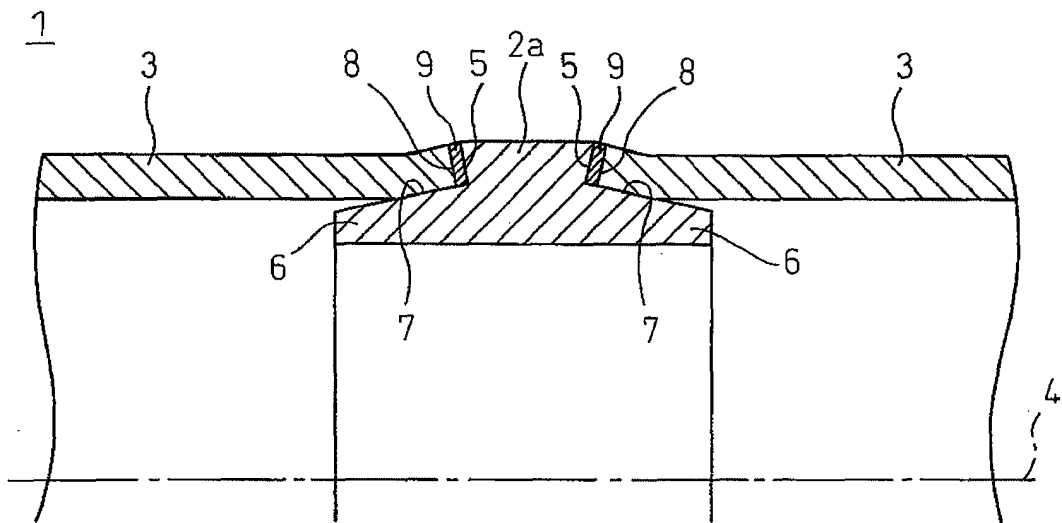


Fig.5

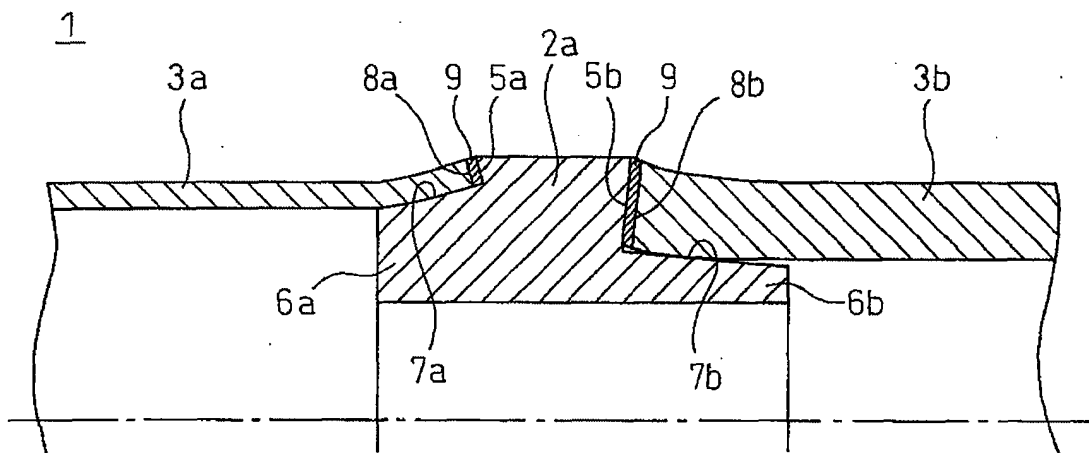


Fig.6

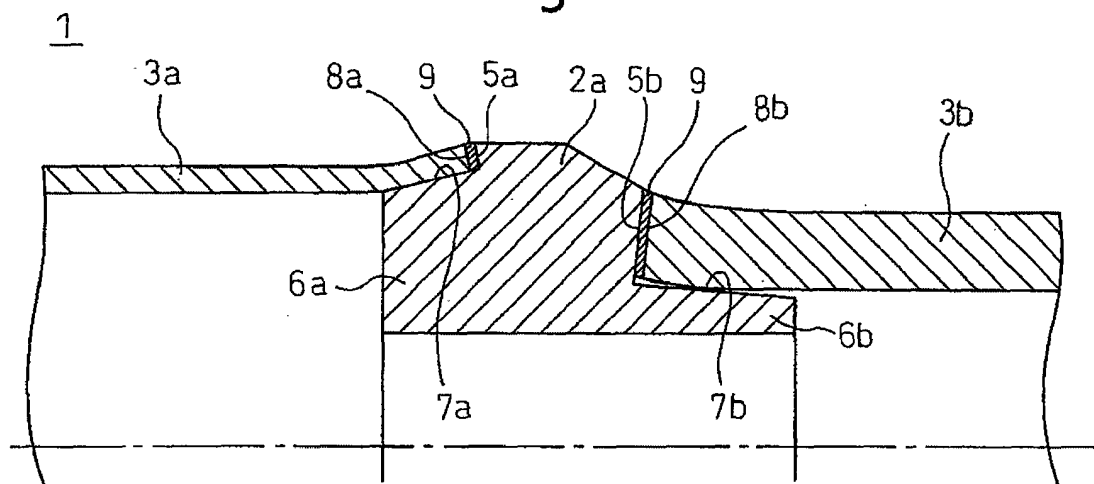


Fig.7

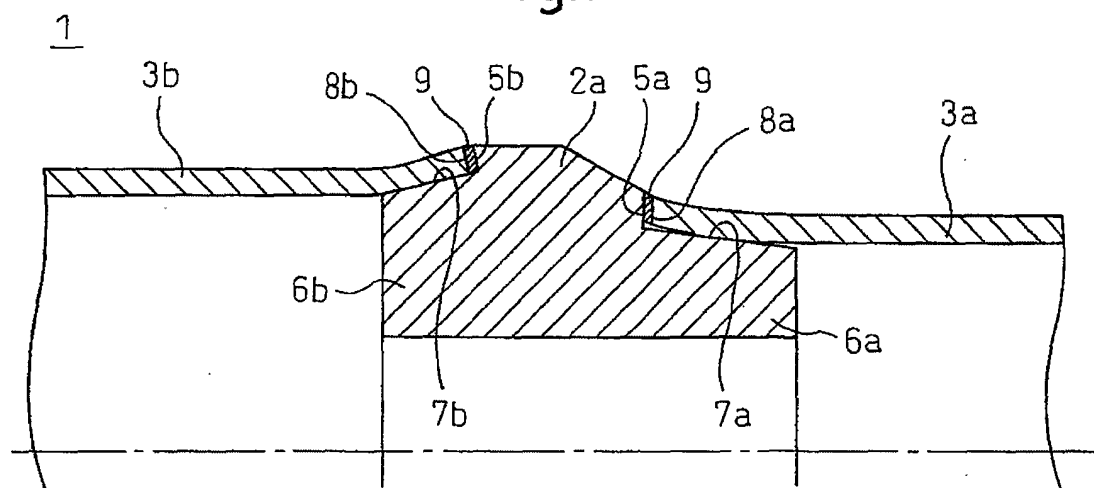


Fig.8

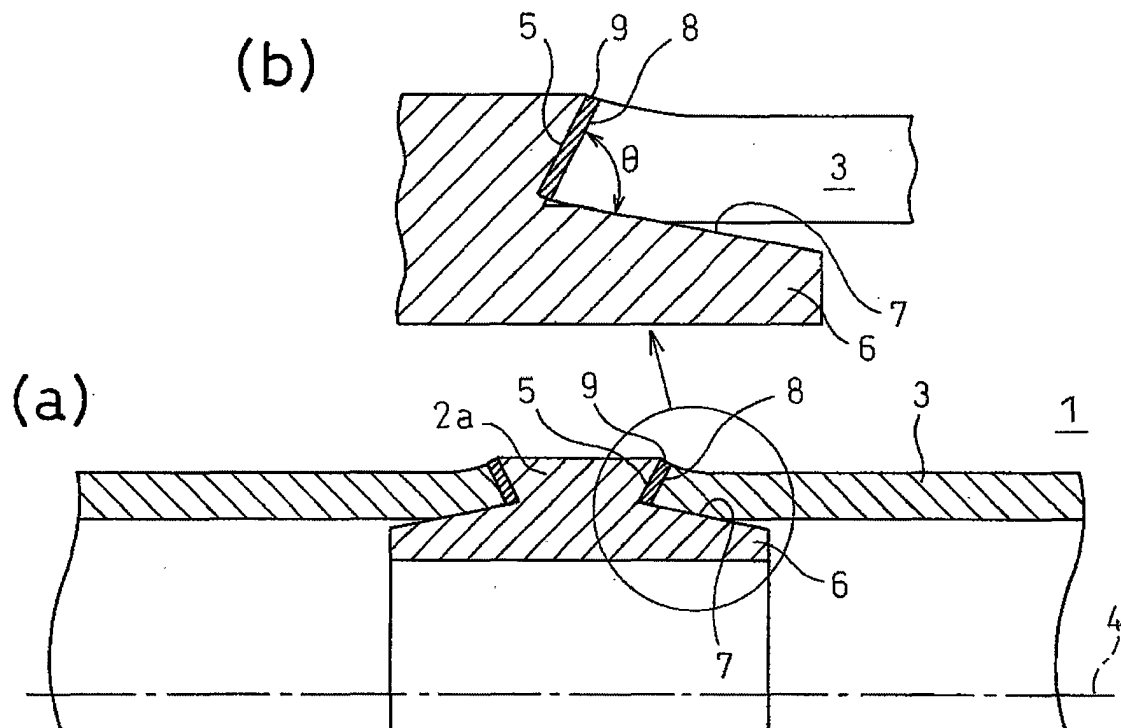


Fig.9

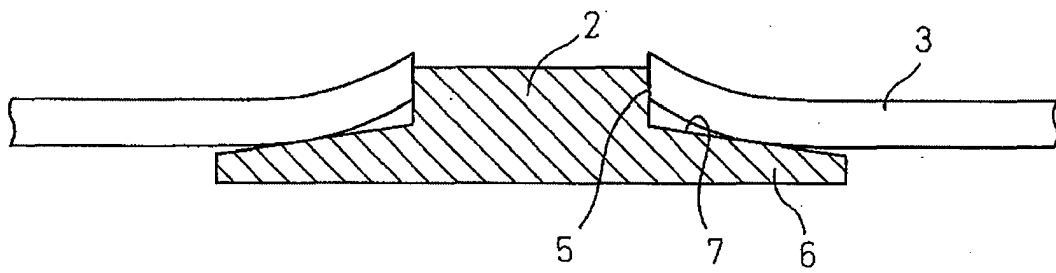


Fig.10

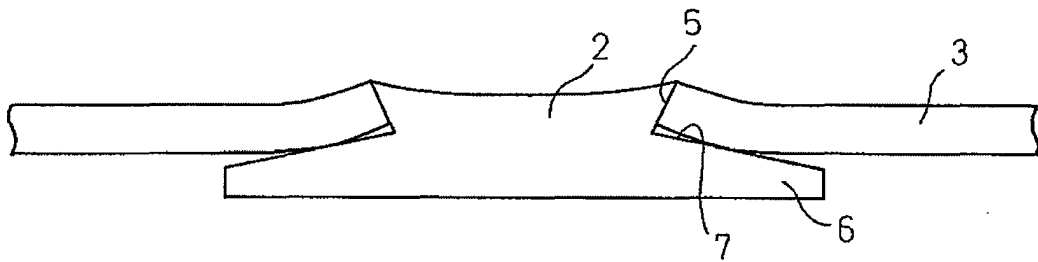


Fig.11

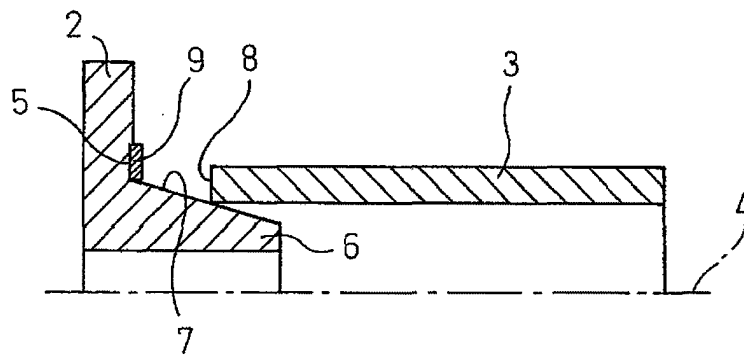


Fig.12

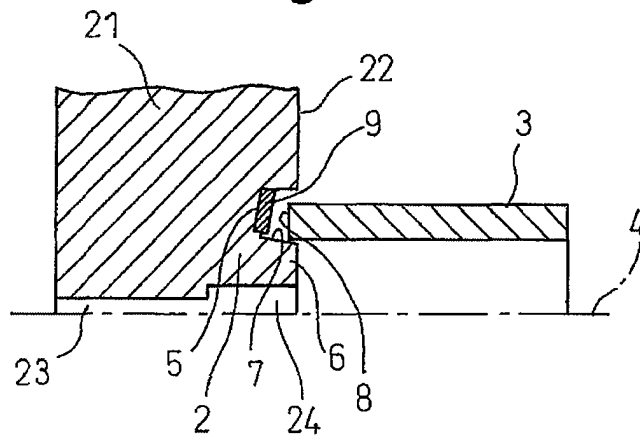


Fig.13

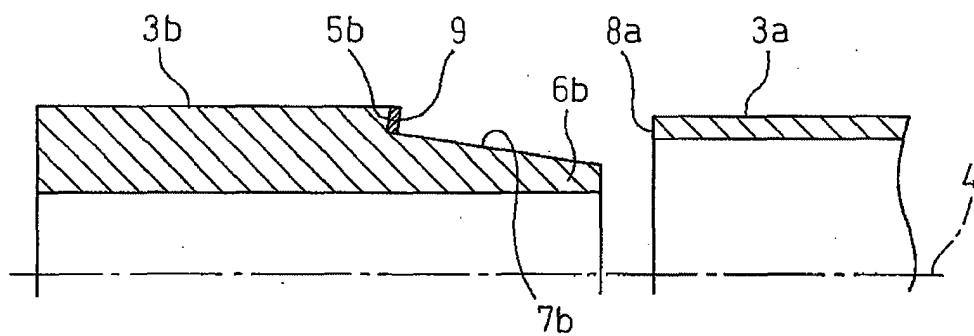


Fig.14

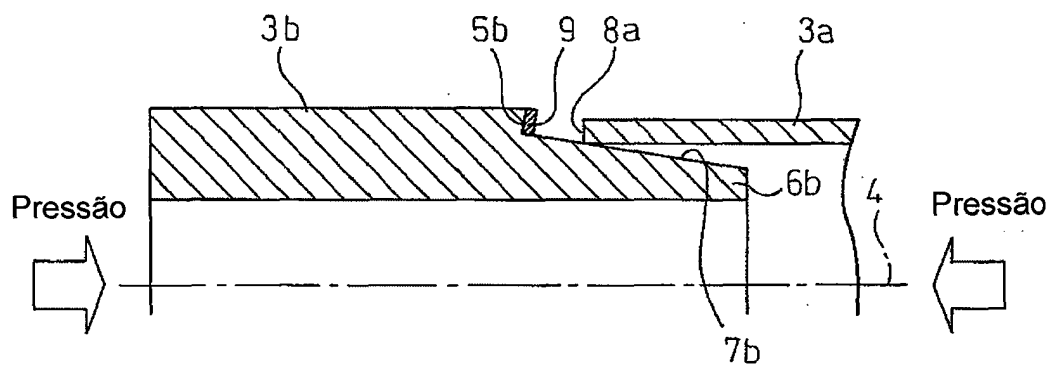


Fig.15

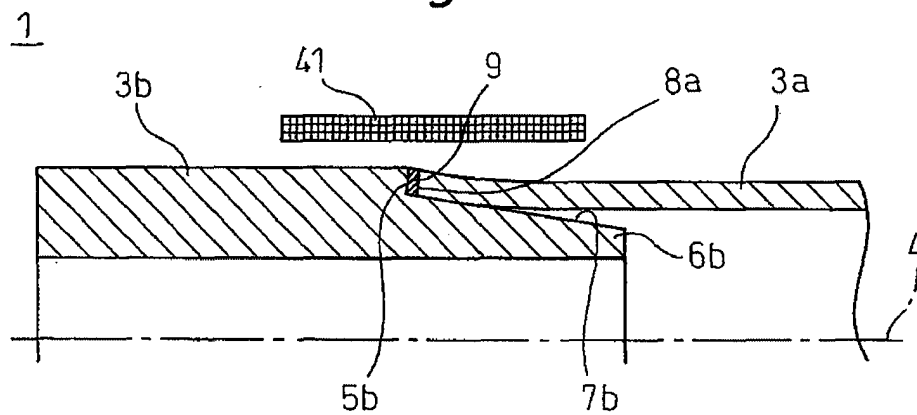


Fig.16

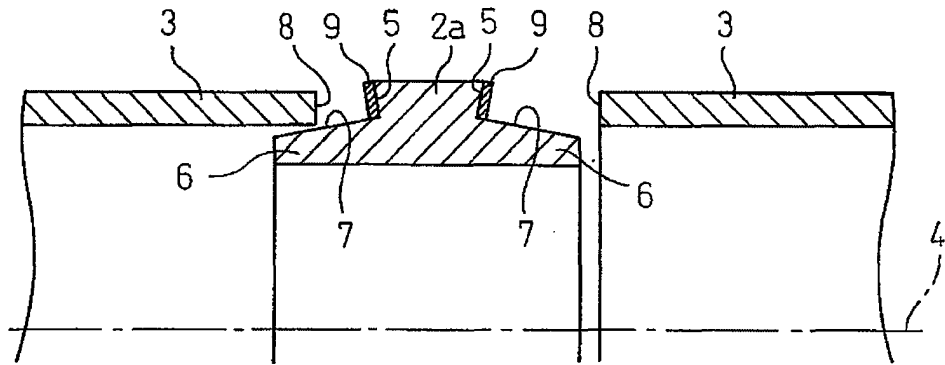


Fig.17

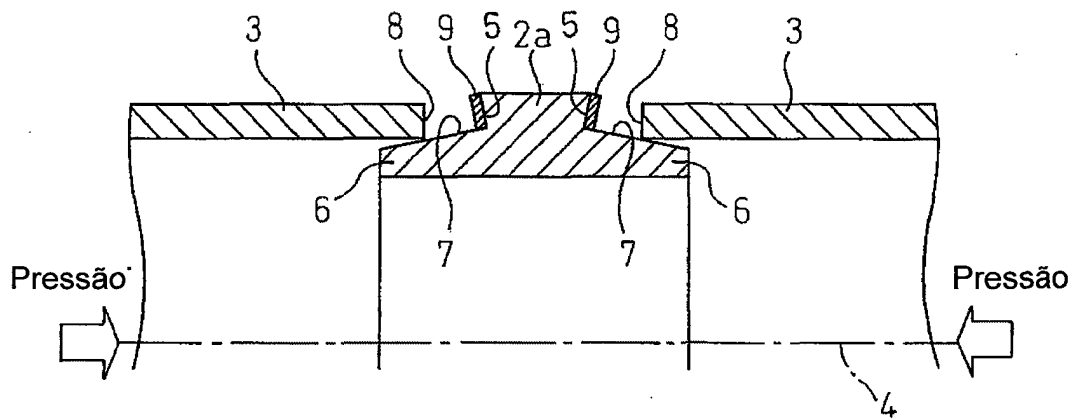


Fig.18

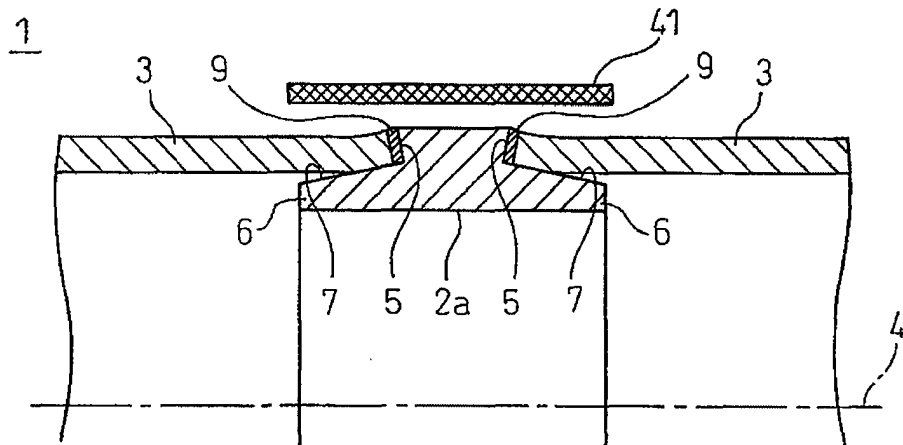


Fig.19

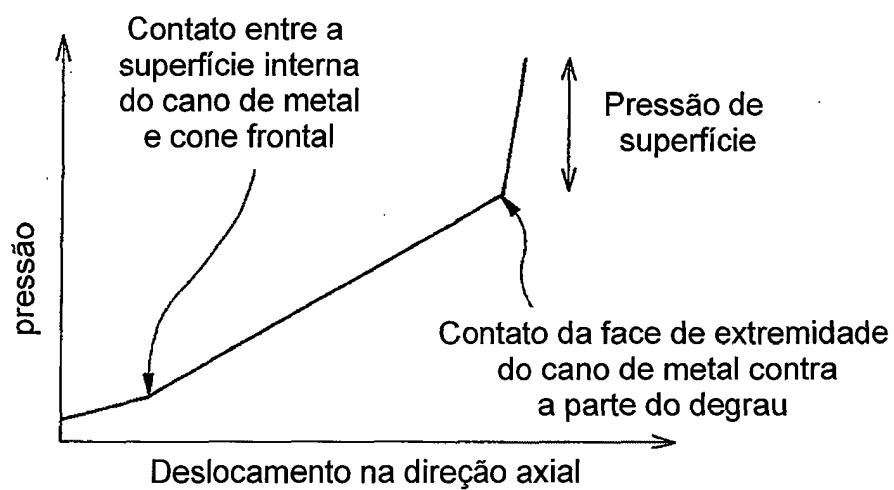


Fig.20

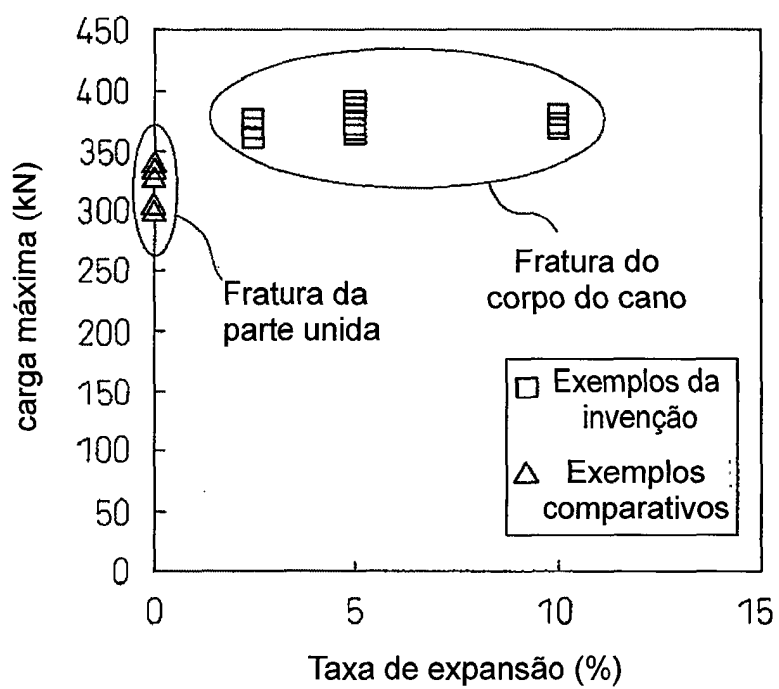


Fig.21A

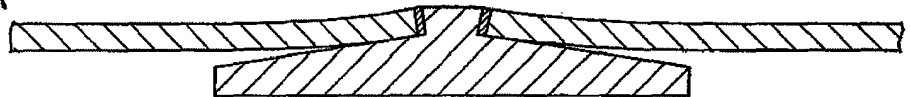


Fig.21B

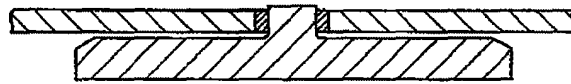


Fig.21C



Fig.22

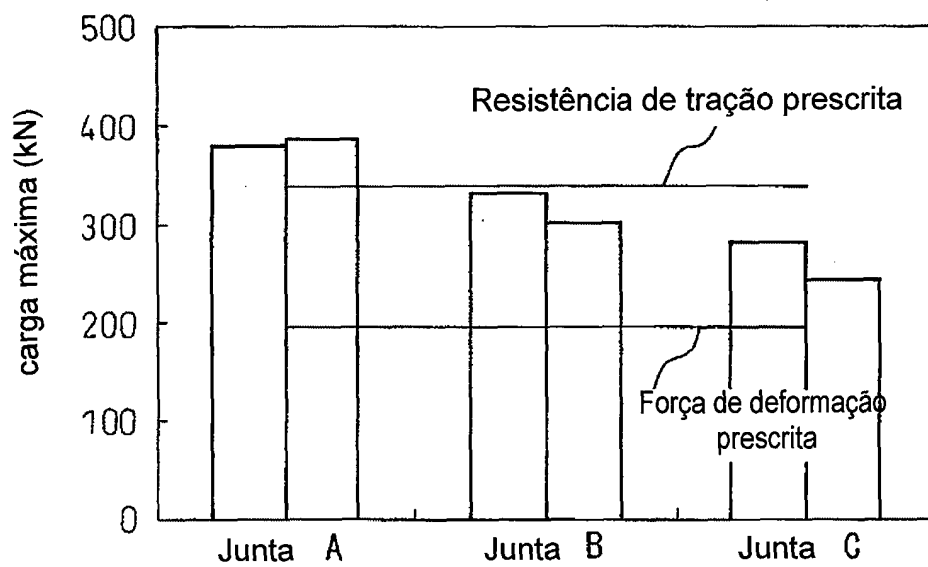


Fig.23

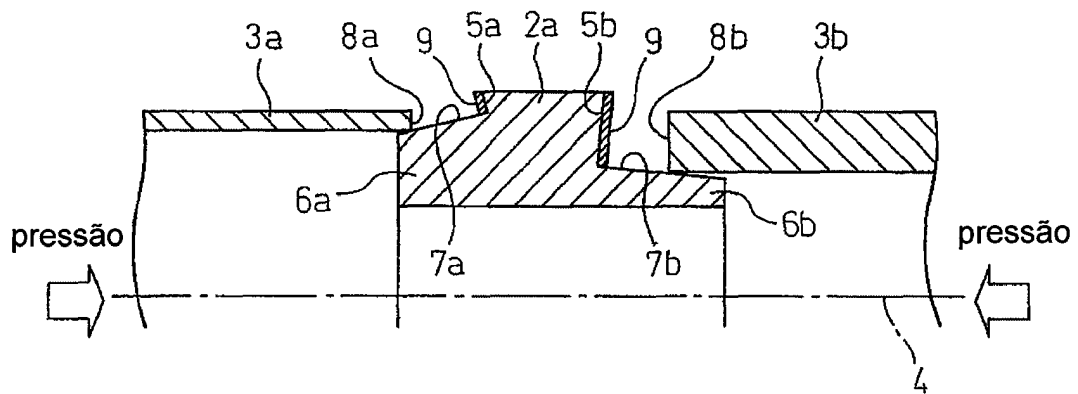


Fig.24

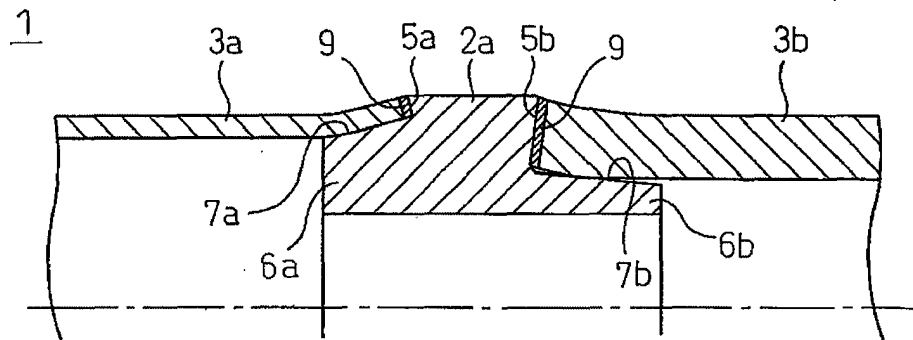


Fig.25

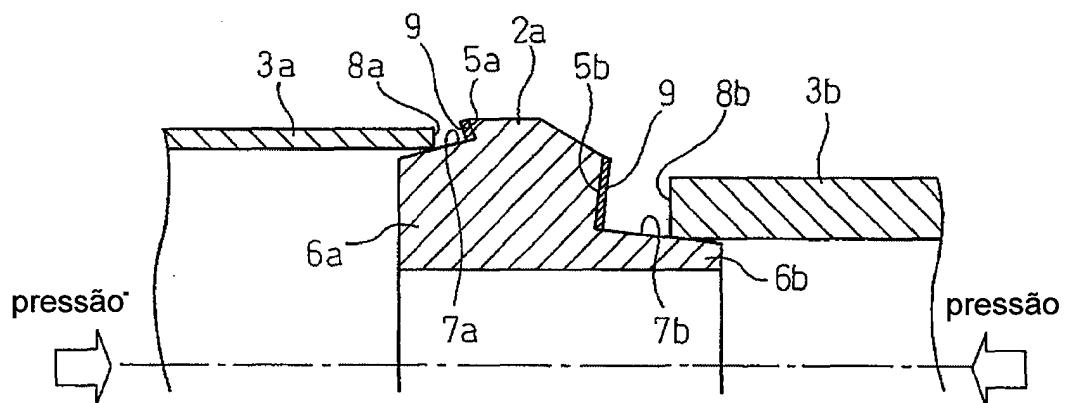


Fig.26

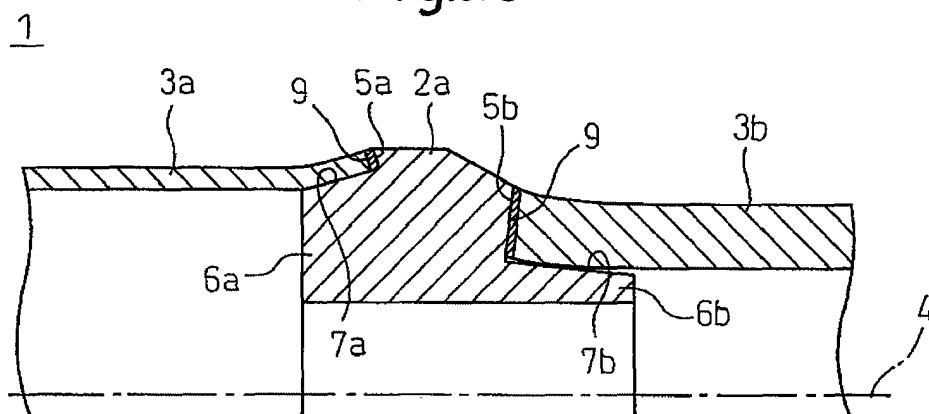


Fig.27

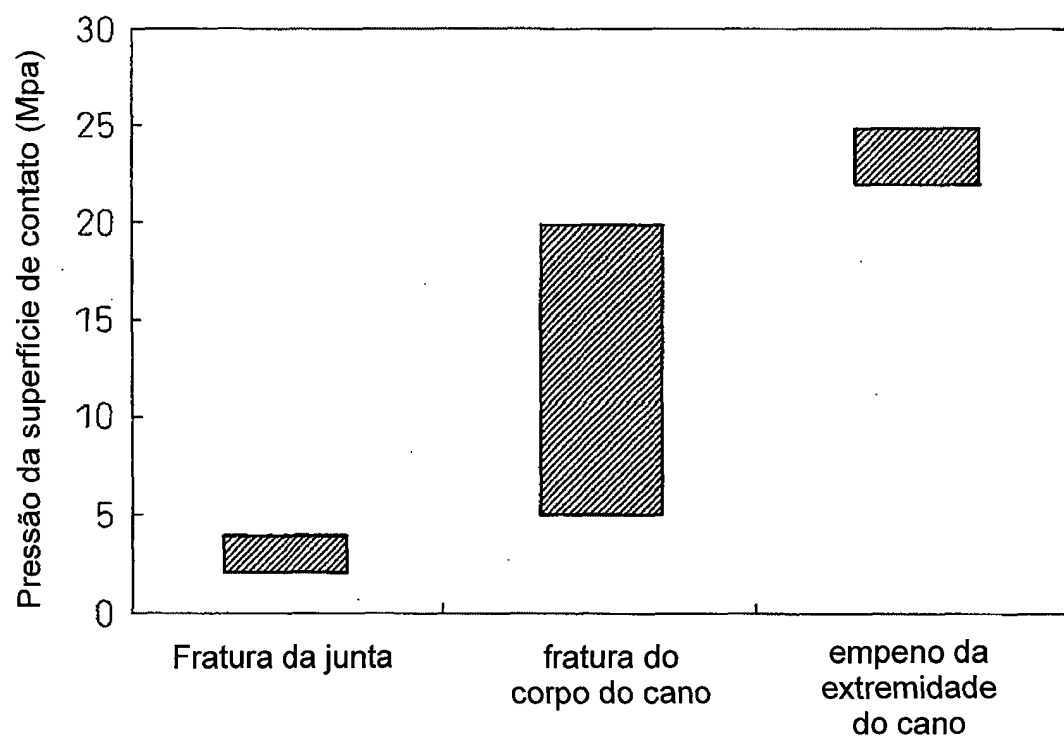


Fig.28

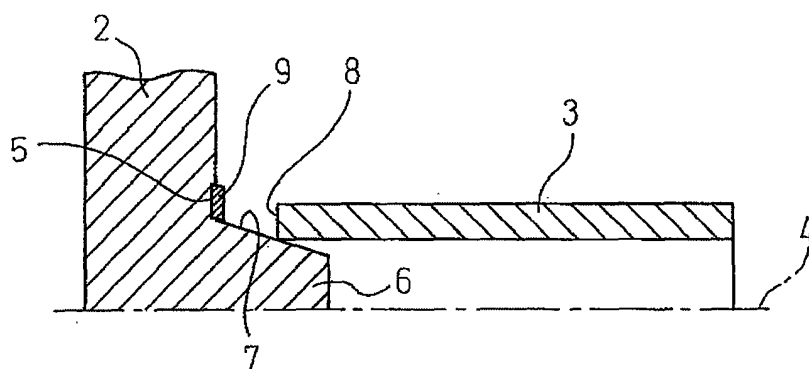


Fig.29

