



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

(21) **PI0707924-9 A2**



(22) Data de Depósito: 16/02/2007
(43) Data da Publicação: 17/05/2011
(RPI 2106)

(51) *Int.Cl.:*
E21B 17/08
E21B 43/10
F16L 13/14

(54) Título: **CONEXÃO TUBULAR ESTANQUE A GÁS**

(30) Prioridade Unionista: 17/02/2006 NO 20060790

(73) Titular(es): Norsk Hydro Asa

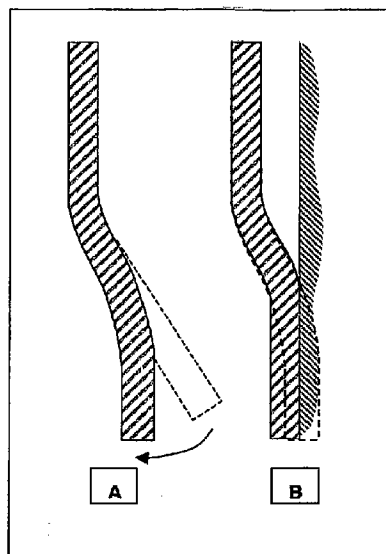
(72) Inventor(es): Steinar Tverlid

(74) Procurador(es): MOMSEN LEONARDOS & CIA

(86) Pedido Internacional: PCT NO2007000058 de 16/02/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2007/094687 de 23/08/2007

(57) Resumo: CONEXÃO TUBULAR ESTANQUE A GÁS. É descrita uma junta ou conexão tubular estanque a gás, particularmente relacionada a corpo tubular de mono diâmetro na forma de um tubo ou revestimento que é usada com relação à produção de óleo e/ou gás, onde os tubos ou revestimentos são fabricados a partir de seções tubulares, e onde as seções tubulares, depois de ser interconectadas nas suas respectivas extremidade, são finalmente formadas por expansão. Os tubos ou revestimentos formados de pelo menos duas seções tubulares, uma externa e uma interna. A extremidade de cada dita respectiva seção é sobreposta à sucessiva seção tubular seguinte, por meio do que uma ou mais seções tubulares interna, intermediária ou externa são de diferentes materiais metálicos e/ou diferentes espessuras e, quando submetidas a um processo de deformação, são plastificadas, ou deformadas plasticamente, na zona sobreposta, formando uma vedação metálica e provendo assim integridade de pressão de gás entre o lado de dentro e o lado de fora do tubo/revestimento tubular expandido.



“CONEXÃO TUBULAR ESTANQUE A GÁS”

A presente invenção diz respeito a uma junta ou conexão tubular estanque a gás, particularmente relacionada a tubo ou revestimento monodiâmetro que é usada com relação à produção de óleo e/ou gás onde os tubos ou revestimentos são fabricados a partir de seções tubulares e onde as seções tubulares, depois de ser interconectadas nas suas respectivas extremidades, são finalmente formadas por expansão.

Revestimentos tubulares expansíveis têm sido tradicionalmente usados na indústria de óleo e gás para solucionar desafios operacionais encontrados durante a perfuração e manutenção de poços. A tecnologia cobre aplicações tais como:

Revestimentos de perfuração – Componentes tubulares são usados para revestir uma seção perfurada em um poço. O componente tubular expansível é suspenso no revestimento ou revestimento interno, tanto antes quanto depois de expandir radialmente o componente tubular. O resultado é uma perda mínima ou nula no diâmetro interno do furo de poço. Revestimentos de perfuração expansíveis são projetados para suportar as cargas às quais os revestimentos tubulares podem ser expostos durante a perfuração, isto é, as cargas mecânicas durante uma situação de influxo de gás.

Reparo do revestimento – Componente tubular expansível usado para restaurar a integridade mecânica de revestimentos mecanicamente danificados ou erodidos. Expandindo-se radialmente o componente tubular expansível contra o diâmetro interno de um revestimento danificado ou erodido existente, o componente tubular substituirá a integridade mecânica que o revestimento original tinha antes de ocorrer o dano ou erosão. A interface do componente tubular expansível e o revestimento original pode ser metal com metal, com ou sem engaxetamento de elastômero com propósitos de integridade de pressão de fluido.

Camada de proteção em furo aberto – Componente tubular expansível usado para criar uma blindagem mecânica contra formações instáveis, isto é, formação mecanicamente fraca, ou formação onde pode ocorrer perda de fluido.

5 Expansão de um componente tubular é realizada pela tensão imposta no material que força o material de deformação elástica para deformação plástica. Esta deforma permanentemente o material em uma forma pré-desenhada, isto é, deforma radialmente o componente tubular, aumentando o diâmetro interno e externo. Existem atualmente diversos
10 mecanismos de expansão para expandir componente tubular metálico, incluindo dispositivo de expansão de cone fixo, cone flexível e rotativo acionados por uma força mecânica axial através da coluna de perfuração, ou utilizando potência hidráulica através do fluido do furo de poço injetado, isto é, da lama.

15 Na indústria de óleo de gás, existe uma grande expectativa para futuras aplicações de tecnologia tubular expansível, visando substituir o projeto de revestimento aninhado tradicional por um projeto que permite um diâmetro interno do topo para a base em um poço. Esta futura aplicação é normalmente referida como um "mono" diâmetro, ou "mono furo", e tem
20 potencial para reduzir drasticamente o custo de desenvolvimento de campo, reduzir impacto ambiental e aumentar a segurança na indústria de perfuração. O completo potencial pode ser revelado quando se obtêm propriedades de conexão tubulares expansíveis que satisfazem as exigências de revestimento de produção, isto é, mantém a integridade de pressão de gás pós-expansão.

25 Uma baixa pressão nominal de gás constitui uma limitação na aplicação de revestimentos tubulares expansíveis. Durante o projeto de um poço, diferentes cenários de carga mecânica são simulados para garantir a integridade mecânica no poço durante toda sua vida útil. Um revestimento tubular com uma integridade de pressão de gás relativamente baixa pode ser

usado, isto é, usado com propósitos de perfuração, mas não usado como um revestimento de produção completamente qualificado, isto é, que resiste a cargas encontradas se houver um vazamento na tubulação de produção, permitindo que pressão de gás contra o revestimento de produção que aja como uma barreira secundária.

Desafios têm sido vencidos com relação à obtenção de integridade de pressão de gás durante o uso de conexões convencionais entre as juntas tubulares expansíveis, isto é, as roscas se deslocam e deformam durante o processo de expansão, reduzindo ou eliminando tensão residual interfacial, causando uma ausência de integridade de pressão de gás.

Existem diversos métodos de unir componentes tubulares expansíveis, por exemplo, a patente U.S. 6.409.175 e pedido de patente U.S. 2003/0234538.

A U.S. 6.409.175 B1 diz respeito a um método e aparelho que são providos para obter uma conexão mecânica e vedação estanque a pressão na área sobreposta de dois corpos tubulares telescópicos onde os dois corpos são radialmente expandidos, e onde a expansão força a vedação anular de Teflon na área sobreposta em um encaixe de vedação de pressão entre os corpos. Entretanto, tal vedação não é estanque a gás e aceita para ser usada em revestimentos de furos de poço.

O pedido de patente U.S. 2003/0234538 diz respeito a uma conexão rosqueada convencional entre segmentos de componentes tubulares expansíveis que fornece múltiplos pontos de vedação ao longo dos elementos pino e caixa que podem suportar altas pressões. Esta solução tampouco não é estanque a gás.

A presente invenção diz respeito a uma junta ou conexão tubular expansível estanque a gás que supera as desvantagens das soluções conhecidas e que é mecanicamente forte em potencial com a vedação metálica, e que é estanque a gás e que atende as exigências de revestimentos

em furos de poço. A junta ou conexão de um componente tubular expansível representa o ponto mais fraco de tal componente tubular e, com a presente invenção, é em particular obtida na distribuição longitudinal das superfícies de conexão que cobrem uma maior área, obtendo assim a maior resistência local na junta ou conexão.

A invenção é caracterizada pelos recursos definidos na reivindicação 1 independente anexa.

As reivindicações 2-5 definem modalidades preferidas da invenção.

A presente invenção será descrita com mais detalhes a seguir por meio de exemplos e com referência às figuras, onde:

A figura 1 mostra a) em perspectiva um corpo tubular na forma de um revestimento de tubo, e b) uma seção transversal de uma parte do corpo tubular ao longo da linha da seção A-A em a) anterior;

A figura 2 mostra um esquema que ilustra um princípio de acordo com a presente invenção para obter tensões compressivas residuais na interface de seções tubulares internas umas às outras, pelo qual a vedação é obtida;

A figura 3 mostra um esquema que ilustra um outro princípio de acordo com a presente invenção para obter tensões compressivas residuais na interface das seções tubulares uma dentro da outra, pelo qual a vedação é obtida;

A figura 4 mostra um esquema que ilustra um terceiro princípio de acordo com a presente invenção para obter tensões compressivas residuais na interface das seções tubulares uma dentro da outra, pelo qual a vedação é obtida;

A figura 5 mostra um esquema que ilustra um quarto princípio de acordo com a presente invenção para obter tensões compressivas residuais na interface de seções tubulares uma dentro da outra, pelo qual a vedação é

obtida;

A figura 6 mostra em seção transversal três exemplos de conexões baseadas no princípio de acordo com a invenção.

A presente invenção é baseada no princípio geral pelo qual tubos ou revestimentos são formados a partir de pelo menos duas seções tubulares, uma externa e uma interna. As extremidades de cada dita respectiva seção tubular estão sobrepondo a seção tubular seguinte, por meio do que uma ou mais das seções tubulares interna, intermediária ou externa de diferentes materiais metálicos e/ou diferentes espessuras e, durante o processo de deformação, é plastificada ou plasticamente deformada na zona de sobreposição, formando uma vedação metálica em tal zona e provendo assim integridade de pressão de gás entre o lado de dentro e o lado de fora do tubo/revestimento tubular expandido.

A figura 1 mostra um exemplo de uma conexão tubular de acordo com a invenção. Mais especificamente, a figura 1 a) mostra, em perspectiva, um corpo tubular na forma de um revestimento de tubo, e a figura 1 b) uma seção transversal de uma parte do corpo tubular ao longo da linha A-A da seção na figura 1a). A fim de manter a integridade de pressão de gás depois da expansão, o revestimento tubular é composto de 2 ou mais peças, 1, 2, 3, uma dentro da outra sobre a conexão, cada uma com sua própria conexão. Os diferentes tubos e, portanto, também as conexões 4, 5, 6, são axialmente deslocadas uma em relação à outra. A sobreposição metal em metal entre as conexões, pressionadas umas nas outras pela tensão residual, formará a vedação pós-expansão. O mesmo princípio aplica-se se somente a área de conexão for seccionada com múltiplos componentes tubulares sobre a espessura de parede, ao passo que o grosso do revestimento permanece como revestimento convencional; uma parede sólida por toda a espessura de parede.

A invenção obterá uma integridade de pressão de gás satisfatória para cargas de produção em uma conexão tubular expansível

depois de ser exposta a um processo de expansão, removendo assim a presente restrição na aplicação, isto é, aplicação como um revestimento de produção, visto na tecnologia de componentes tubulares expansíveis.

5 As conexões 4, 5, 6 para cada tubo são baseadas em roscas cônicas ou retas. Embora a maioria das roscas em conexões de revestimentos convencionais seja feita de uma rosca contínua que forma uma área rosqueada por toda a espessura de parede do componente tubular, esta tecnologia pode permitir a divisão da área rosqueada em duas ou mais roscas por toda espessura de parede do revestimento. Cada área rosqueada fica posicionada a 10 uma distância axial, δ , das conexões adjacentes. A área sobreposta, δ , entre duas roscas adjacentes representa a vedação pós-expansão parcial de forma parcial ou completa. A capacidade de vedação da área sobreposta, δ , a qualquer momento está diretamente ligada às tensões residuais entre duas superfícies sobrepostas às tensões operacionais induzidas nas mesmas 15 superfícies durante operação. Tanto a sobrepressão externa quanto interna aumentarão esta tensão de vedação.

As tensões residuais são geradas pelo processo de expansão, por exemplo, por meio de uma ferramenta de expansão cônica (por exemplo, cone ou rolo). Dois modos de deformação principais interagem:

20 Tração na direção θ e dobramento no plano r-z. O dobramento é energizado pelo cone. Inicialmente, como o cone encontra o tubo, o tubo reto é dobrado para fora, conforme pode-se ver na figura 2A, corpo tracejado. Uma vez que o tubo é um corpo redondo contínuo em torno do perímetro, este dobramento encontrará resistência pelas tensões da membrana, e será puxado 25 para trás para o estado reto original, embora com um maior diâmetro de tubo, conforme pode-se ver na figura 2A, corpo completo. Se a parede do tubo novamente encontrar o cone, este processo se repetirá. Se a parede do tubo não encontrar o cone, a forma final foi atingida.

A tensão residual pode ser obtida se o dobramento do tubo

para fora encontrar uma barreira antes de o próprio tubo ser redirecionado para a orientação reta. Em tal caso, a barreira aplicará uma força na parede do tubo dobrado, que redirecionará o tubo para uma orientação reta, conforme está mostrado na figura 2B. A deformação elasto-plástica resultante da força induzida pela barreira criará uma força com ação de mola (tensão/deformação por relaxamento elástico), aqui referida como tensão residual. Essas tensões formarão a força de vedação inicial. A barreira neste caso é um tubo com maior diâmetro fora do tubo de deformação em questão.

A tensão residual pode também ser obtida por uma rigidez relativa diferente entre seções tubulares adjacentes. Tal variação de rigidez pode ser feita pelas diferenças entre os dois corpos, tais como diferentes espessuras de parede e resistência mecânica. Com diferentes valores de rigidez nos dois corpos, os raios resultantes de um dobramento induzido, por exemplo, por um cone, serão diferentes, conforme mostrado nas figuras 3A e B. Se o corpo com o menor raio de dobramento for a seção tubular externa, haverá uma interação entre os dois corpos antes de as tensões de membrana endireitarem o tubo. O resultado será uma tensão residual entre as duas seções tubulares.

Tensões residuais na interface de duas seções tubulares adjacentes uma dentro da outra depois de uma expansão podem ser originadas usando diferentes propriedades do material base (reologia) nas seções tubulares. Para obter tensão interfacial residual desta maneira, as seções tubulares externas têm que ter um maior limite de escoamento do que o tubo interno no estado relaxado. Desta maneira, o efeito mola da seção tubular externa é maior que da seção tubular interna. Em um ponto, a seção tubular interna é relaxada, enquanto o componente tubular externo continua retrair, conforme mostrado na figura 4. Daqui, o sistema entrará em equilíbrio pelo tubo interno retraído para compressão, opostamente equilibrado por alguma tensão remanescente no tubo externo. Isto induz a tensão de vedação entre as

seções tubulares.

5 Tensões residuais podem ser geradas pela forma especial que ocorre nas duas extremidades de um tubo expandido por um dispositivo cônico. Os efeitos que ocorrem nas extremidades são o dobramento das pontas extremas em direção à linha de centro, conforme pode-se ver na figura 5B. Este efeito surge em decorrência da interação entre a rigidez do dobramento no tubo à medida que ele deixa o cone, e as forças que endireitam o tubo depois de ele ter deixado o cone. A força que endireita o tubo é o material do tubo adjacente. No caso das extremidades, não fica nenhum material para endireitar a extremidade em uma das direções. O resultado é um 10 dobramento residual depois que o tubo tiver deixado o cone. As tensões residuais podem ser geradas se o segmento dobrado de um tubo encontrar um segmento de tubo reto dentro de si próprio, forçando o dobramento para dentro para uma forma mais reta, mostrado na figura 5C.

15 A invenção definida nas reivindicações anexas não está limitada aos exemplos supradescritos. Assim, a conexão tubular, conforme está mostrado na figura 6, exemplo denotado A), pode consistir em seções tubulares 8, 9 conectadas por seções rosqueadas cônicas fêmeas e, respectivamente, macho, e onde as "seções de tubo" externa e interna são na 20 forma de anéis ou buchas externas e internas 10, respectivamente, 11 e são providas em torno da seção rosqueada 7, e conectadas nela. As buchas 10, 11, estirando-se sobre a seção rosqueada, e além dela, é preferivelmente conectada no corpo tubular interno em uma extremidade por meio de solda 12 para manter a bucha no lugar durante operação de expansão. A bucha externa 25 tem menor espessura, comparada com a seção tubular interna, para obter a tensão residual descrita anteriormente. No exemplo mostrado na figura 6, A), os anéis ou buchas 10, 11 são providos em rebaixos nas seções de tubo 8, 9. Isto não é uma exigência, já que elas podem ser providas completamente no lado de dentro ou lado de fora das seções de tubo, sem tais rebaixos.

Adicionalmente, conforme mostrado na figura 6, exemplo denotado por B), a conexão pode consistir em uma seção tubular interna 13 com uma parte redonda radialmente saliente 14 que tem um maior diâmetro e que estende-se ao interior da seção tubular externa 15 com uma parte redonda que estende-se para dentro correspondente 16 com um maior diâmetro. A tensão residual neste exemplo é obtida, como no exemplo A) anterior, pela diferente rigidez relativa entre as seções tubulares adjacentes 13, 15 por causa da diferente espessura de parede das seções tubulares externa e interna. A tensão residual pode opcionalmente ser imposta introduzindo-se um metal mais conformável 19 entre duas seções tubulares adjacentes 17, 18, conforme mostrado na figura 6, exemplo denotado por C), melhorando a capacidade de vedação de metal contra metal da conexão. O metal conformável 19 pode ser provido entre seções rosqueadas 20, 21, conforme mostrado na figura, e pode agir como:

- 15 i) separador de duas seções tubulares para intensificar o efeito supradescrito;
- ii) ligação interfacial química energizada pelo fluxo de metal durante o processo de expansão, causando ruptura do filme de óxido e contato metal nascente com metal;
- 20 iii) um componente de "gaxeta" de metal que preenche todo espaço disponível.

A demanda da API para vedação metal com metal em conexões estanques a gás limita o material da "gaxeta" a metais. Alumínio puro é um metal desses, que é altamente conformável e estabelece boa ligação química com aço, quando pressão e deformação fazem com que os filmes de óxido se rompam, e contato íntimo de aço com alumínio é feito.

Um outro material é prata, que tem excelente resistência a corrosão em contato íntimo com aço.

Uma alternativa seria também uma ligação química, por

exemplo, um metal com baixo limite de escoamento criando ligações intermetálicas com o metal do tubo, ou uma reação química depois do contato íntimo (e possivelmente maior temperatura/pressão) entre diferentes elementos (reagentes) ou metal do tubo depois da expansão.

5 Aço é indubitavelmente o material mais comumente usado hoje em dia para aplicações de revestimento. O revestimento base e as conexões para esta tecnologia podem ser a norma API 5CT L80 ou X80, amplamente usadas para revestimento convencional. Alternativamente, pode-se utilizar um material com um maior alongamento para atingir uma maior
10 margem de falha pela ruptura durante o processo de expansão.

 Conforme descrito anteriormente, vedação pode ser energizada pelas diferentes propriedades mecânicas. Em combinação com o revestimento da norma L80, um material com maior limite de escoamento fora da L80 seria necessário, ou um material com menor limite de escoamento de acordo com
15 L80.

REIVINDICAÇÕES

1. Conexão tubular estanque a gás, particularmente relacionada a corpo tubular de mono diâmetro na forma de um tubo ou revestimento sendo usado com relação à produção de óleo e/ou gás, onde os tubos ou
5 revestimentos são fabricados a partir de seções tubulares, e onde as seções tubulares, depois de serem interconectadas nas suas respectivas extremidades, são finalmente formadas por expansão, caracterizada pelo fato de que os tubos ou revestimentos são formados de pelo menos duas seções tubulares, uma externa e uma interna, as extremidades de cada uma das respectivas seções se
10 sobrepõem com a sucessiva seção tubular, por meio do que uma ou mais seções tubulares interna, intermediária ou externa são de diferentes espessuras e, durante o processo de deformação, é plastificada ou plasticamente deformada na zona de sobreposição, em que a espessura da seção tubular interna é maior do que a pelo menos uma seção tubular externa, resultando na
15 formação de uma vedação metálica entre as seções tubulares devido à tensão residual induzida, e provendo assim integridade de pressão de gás entre o lado de dentro e o lado de fora do tubo/revestimento tubular expandido.

2. Conexão tubular estanque a gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a conexão inclui um corpo
20 tubular interno (8), onde as seções tubulares (9), (10) são conectadas por meio de seções rosqueadas cônicas fêmea, respectivamente, macho, e onde um anel ou bucha externa (11) é provido em torno da seção rosqueada conectada, por meio do que a bucha (11) que estira-se sobre a seção rosqueada, e longitudinal além dela, é preferivelmente conectada no corpo tubular interno em uma
25 extremidade por meio de solda (12) para manter a bucha no lugar mediante operação de expansão, e onde a bucha externa possui espessura reduzida comparada à seção tubular interna para obter tensão residual.

3. Conexão tubular estanque a gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a conexão consiste em uma

seção tubular interna (13) com uma parte preferivelmente redonda radialmente saliente (14) que tem um maior diâmetro do que o diâmetro externo da seção tubular interna, e que estende-se ao interior de uma seção tubular externa (15), com uma parte redonda que estende-se para fora correspondente (16) que tem um maior diâmetro do que o diâmetro interno da
5 seção tubular.

4. Conexão tubular estanque a gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que material conformável, preferivelmente metal (19), é provido entre duas seções tubulares adjacentes
10 (17, 18), por meio do que o material conformável é provido entre seções rosqueadas (20, 21) de cada uma das conexões entre as seções adjacentes (17, 18).

5. Conexão tubular estanque a gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o revestimento tubular é
15 composto de três ou mais tubos (1, 2, 3) um dentro do outro sobre a conexão, cada um com sua própria conexão, por meio do que diferentes tubos e conexões (4, 5, 6) são axialmente deslocadas uma em relação à outra por uma distância δ .

6. Conexão tubular estanque a gás de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que as tensões residuais adicionais
20 são geradas na interface entre um corpo tubular reto interno e pelo menos uma dentre as duas extremidades de um corpo tubular externo, a tensão residual adicional sendo gerada por um dobramento residual na pelo menos uma das duas extremidades do corpo tubular devido à quantidade reduzida de material
25 próximo às extremidades comparado às posições distantes das extremidades.

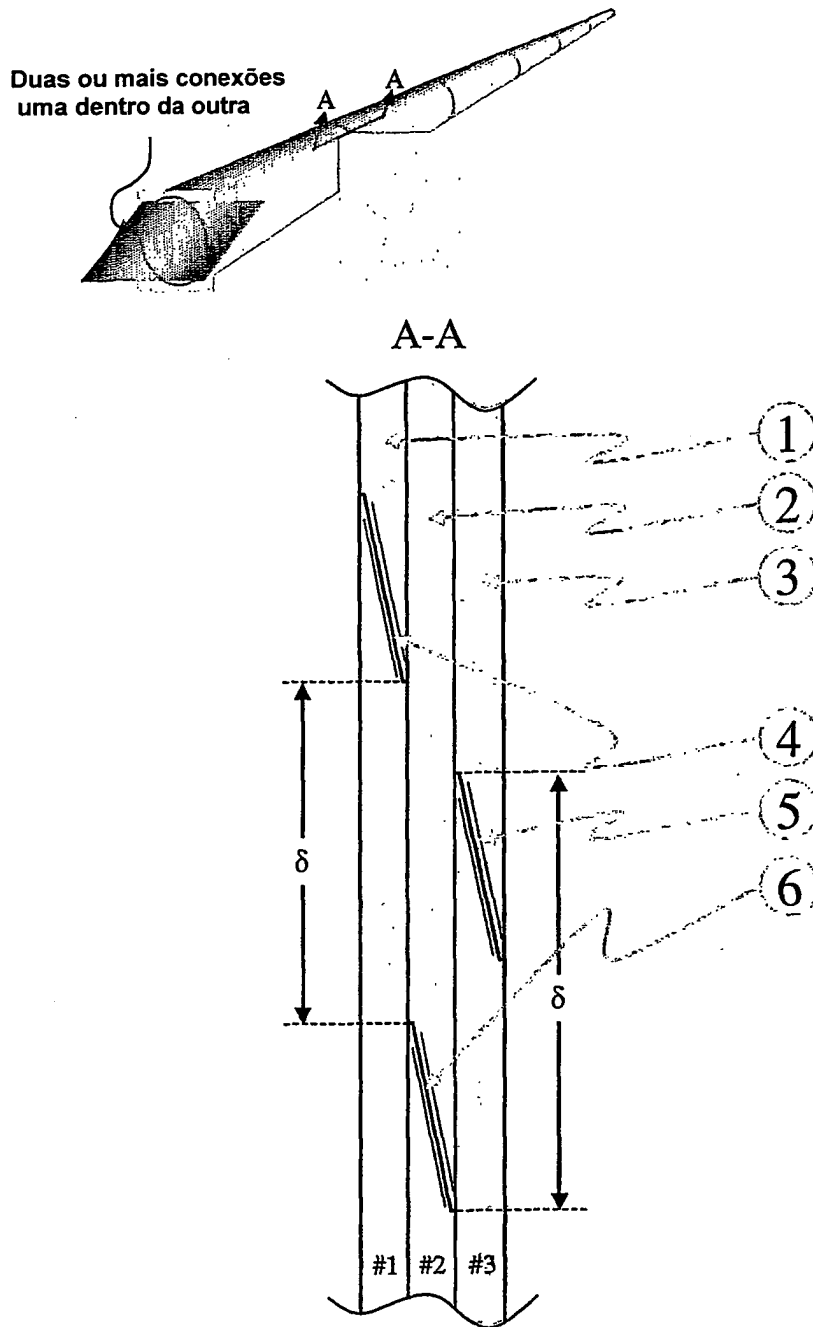


Figura 1

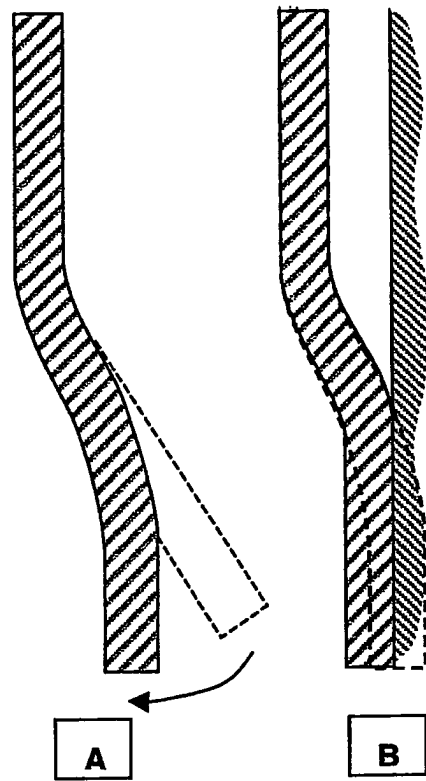
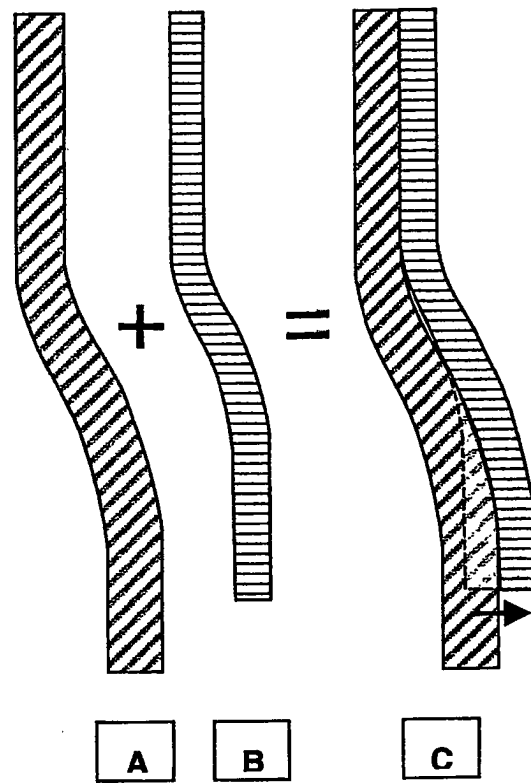


Figura 2

**Figura 3**

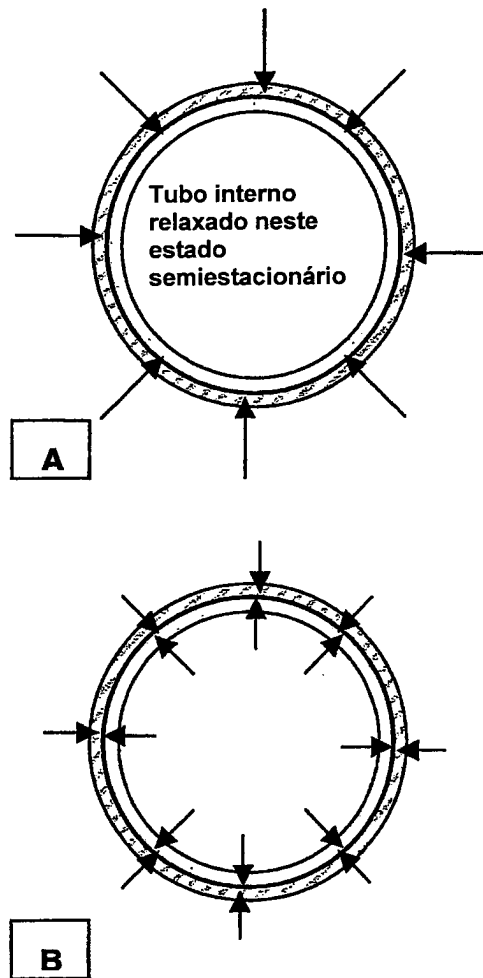


Figura 4

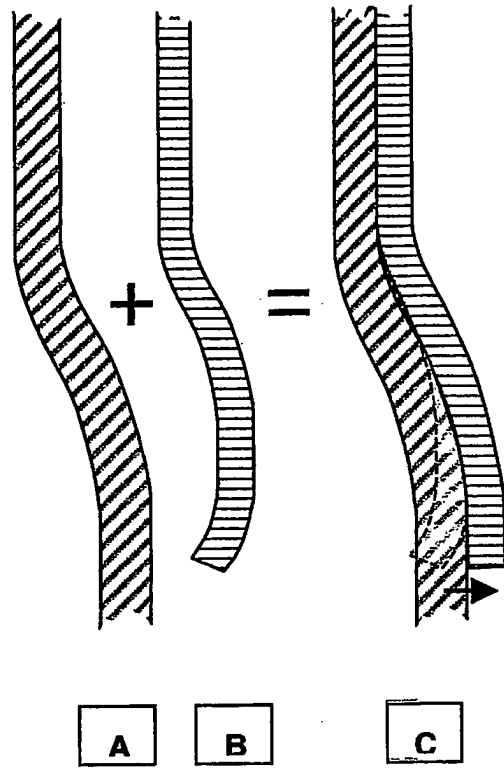


Figura 5

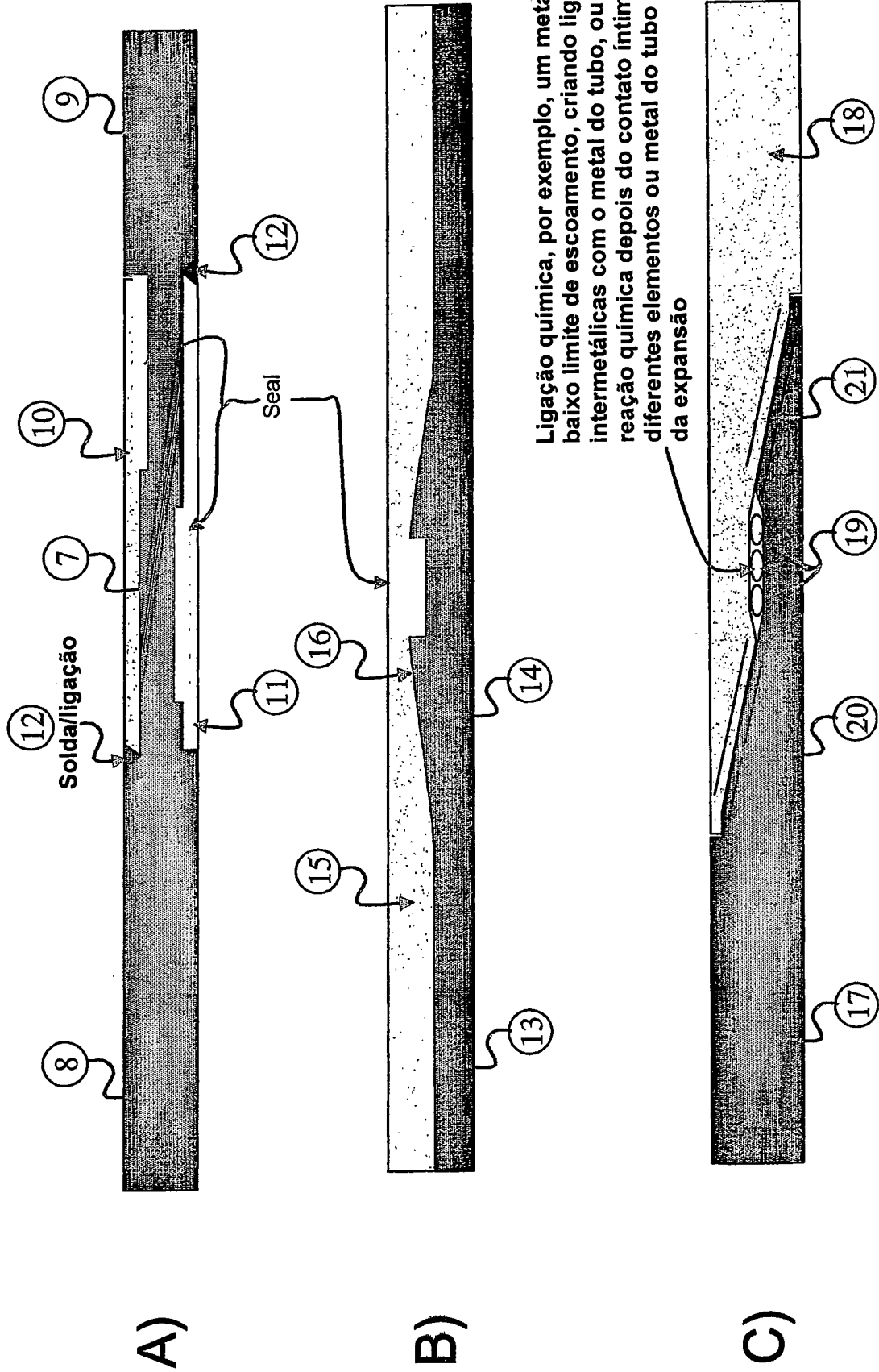


Figura 6

RESUMO

“CONEXÃO TUBULAR ESTANQUE A GÁS”

É descrita uma junta ou conexão tubular estanque a gás, particularmente relacionada a corpo tubular de mono diâmetro na forma de um tubo ou revestimento que é usada com relação à produção de óleo e/ou gás, onde os tubos ou revestimentos são fabricados a partir de seções tubulares, e onde as seções tubulares, depois de ser interconectadas nas suas respectivas extremidade, são finalmente formadas por expansão. Os tubos ou revestimentos formados de pelo menos duas seções tubulares, uma externa e uma interna. A extremidade de cada dita respectiva seção é sobreposta à sucessiva seção tubular seguinte, por meio do que uma ou mais seções tubulares interna, intermediária ou externa são de diferentes materiais metálicos e/ou diferentes espessuras e, quando submetidas a um processo de deformação, são plastificadas, ou deformadas plasticamente, na zona sobreposta, formando uma vedação metálica e provendo assim integridade de pressão de gás entre o lado de dentro e o lado de fora do tubo/revestimento tubular expandido.