



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

(11) PI 0407876-4 B1



(22) Data do Depósito: 04/03/2004

(45) Data de Concessão: 23/05/2017

(54) Título: MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA VEDADA, E, CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA

(51) Int.Cl.: F16L 15/06

(30) Prioridade Unionista: 07/03/2003 FR 0302882

(73) Titular(es): VALLOUREC OIL AND GAS FRANCE

(72) Inventor(es): ERIC VERGER; LAURENT DUBEDOUT; BENOÎT DUQUESNE; ANDREI G. FILIPPOV; SCOTT A. BENZIE

“MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA VEDADA, E, CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA”

A invenção é relativa a um método para produzir uma conexão tubular rosqueada vedada que começa de uma conexão tubular rosqueada que 5 compreende:

- um primeiro elemento tubular macho que compreende um primeiro rosqueamento macho; e
 - um segundo elemento tubular fêmea que compreende um segundo rosqueamento fêmea homólogo ao primeiro rosqueamento;
- 10 fazer o primeiro rosqueamento até o interior do segundo rosqueamento para trazer os dois elementos a uma posição conectada e submeter a conexão tubular rosqueada inicial a uma expansão diametral na região de deformações plásticas, utilizando uma ferramenta de expansão com um diâmetro que é maior do que o diâmetro interno de ditos elementos tubulares, que é 15 axialmente deslocada na conexão.

Este tipo de conexão rosqueada é particularmente projetado para utilização em colunas de produção para hidrocarbonetos ou poços semelhantes.

O Pedido de Patente Internacional WO-A-02/011002 divulga 20 um método do tipo sob consideração, no qual as primeiras e segunda superfícies de encontro axial que pertencem respectivamente a uma borda macho na extremidade livre do elemento macho e a um carcaça fêmea correspondente se aninham uma na outra, a borda macho e a carcaça fêmea sendo conformadas de tal modo que suas superfícies periféricas entram em 25 contato de vedação recíproco depois de expansão.

Este método conhecido é satisfatório até um grau de expansão da ordem de 15%, um grau de expansão de x% que corresponde a uma relação $(100+x)/100$ entre o diâmetro da ferramenta de expansão que é uma esfera e o diâmetro interno dos elementos tubulares antes da expansão.

Contudo, para expansões mais elevadas, a deformação é tal que a borda deixa completamente a carcaça, de modo que o contato de vedação não é mais garantido.

A invenção pretende fornecer um método que possa produzir 5 uma conexão vedada depois da expansão para graus mais elevados do que aqueles permitidos pela técnica precedente.

A invenção também deseja melhorar pressões de contato para um dado grau de expansão e reduzir sua sensibilidade ao grau de expansão e a variações geométricas na ferramenta de expansão devido a seu desgaste 10 durante operações de expansão sobre grandes comprimentos, e à utilização de ferramentas diferentes de uma operação para uma outra.

No presente documento o significado do termo “ferramenta de expansão” não está limitado a ferramentas na forma de esferas, mas também inclui ferramentas rotativas tais como as ferramentas de três rolos divulgada 15 nos documentos WO 02/081863, ou US 6.457.532 e US 2002/0139540.

A invenção deseja ainda mais obter uma vedação a ambas, pressão externa e pressão interna, e uma vedação antes da expansão, vantajosamente para gás.

Adicionalmente, a invenção deseja obter substancialmente as 20 mesmas características de vedação se a ferramenta de expansão é deslocada do elemento macho no sentido do elemento fêmea ou vice-versa, eliminando assim um obstáculo a utilizar conexões acopladas.

Ainda outras intenções consistem da estabilização do contato a despeito da carga e da colocação da zona de vedação em uma região que seja 25 relativamente protegida de choques durante manipulações.

Em particular, a invenção fornece um método do tipo definido na introdução e é caracterizada pelo fato de cada um dos primeiro e segundo rosqueamentos serem separados em duas porções separadas uma da outra em uma direção axial, e pelo fato de, em uma zona de contato que se estende

sobre uma fração do comprimento da conexão incluída entre ditas porções de rosqueamento, os elementos macho e fêmea tem superfícies lisas voltadas radialmente para fora e para dentro, respectivamente, as quais se ajustam uma na outra sobre todo o comprimento axial de dita zona de contato durante a 5 composição, dispositivo sendo fornecido para dotar o elemento fêmea na zona de contato com um descolamento para trás depois da expansão que é maior do que aquele do elemento macho para estabelecer contato vedado local por meio de um ajuste de interferência radial entre ditas superfícies lisas.

Características opcionais complementares ou de substituição 10 da invenção são como a seguir:

- ditas superfícies lisas são cilíndricas e deslizam livremente uma na outra;
- a espessura radial do elemento fêmea e do elemento macho é constante sobre todo o comprimento de dita zona de contato;
- 15 • a folga diametral entre ditas superfícies lisas está na faixa de 0,1 até 0,8 mm;
- dito contato de vedação por meio de um ajuste de interferência radial é estabelecido em no mínimo duas áreas anulares distribuídas sobre dita zona de contato;
- 20 • a espessura radial e_2 do elemento fêmea em dita zona de contato é reduzida com relação à sua espessura na área das porções de rosqueamento;
- a relação entre a espessura radial mínima e_2 do elemento fêmea em dita zona de contato e a espessura radial e_1 do elemento macho voltado para ela está na faixa de 0,25 até 0,7;
- 25 • dita relação está na faixa de 0,35 até 0,5;
- a espessura radial do elemento fêmea aumenta progressivamente em duas zonas de transição localizadas respectivamente de cada lado de dita zona de contato;

- a zona de espessura reduzida do elemento fêmea é no mínimo parcialmente preenchida com um material com um módulo de Young mais baixo e/ou uma resistência a escoamento mais elevada do que o elemento fêmea;
- 5 • a espessura reduzida do elemento fêmea é circundada por um anel formado de um material com um módulo de Young inferior e/ou uma resistência a escoamento mais elevada do que o elemento fêmea;
- 10 • o primeiro elemento tubular e o segundo elemento tubular, respectivamente, fazem parte de um tubo de grande comprimento e de um acoplamento projetado para conectá-lo a um outro tubo de grande comprimento por meio de uma segunda conexão tubular rosqueada também obtida pelo método da invenção;
- 15 • o acoplamento é formado de um material que difere daquele do tubo de grande comprimento por ter um módulo de Young inferior e/ou uma resistência a escoamento mais elevada;
- 20 • o primeiro elemento tubular e o segundo elemento tubular, respectivamente, pertencem a dois tubos de grande comprimento;
- 25 • a relação entre a espessura radial e_1 do elemento macho em dita zona de contato e a espessura radial do tubo ou tubos de grande comprimento sobre a maior parte de seu comprimento está na faixa de 0,4 até 0,8;
- os elementos tubulares macho e fêmea, respectivamente, têm primeira e segunda superfícies de encontro axial que entram em contato recíproco no final da composição;
- o primeiro elemento tubular tem em sua extremidade livre uma borda anular que tem dita primeira superfície de encontro axial constituída por uma lingüeta anular e por uma superfície transversal adjacente à dita lingüeta e axialmente estabelecida em relação a ela,

- conectada à superfície periférica interna do primeiro elemento, e o segundo elemento tubular tem uma carcaça, homóloga à borda macho, que tem dita segunda superfície de encontro axial constituída por um sulco anular e por uma superfície transversal adjacente à ela conectada à superfície periférica interna do segundo elemento, a lingüeta operando em conjunto com o sulco;
- a superfície periférica voltada radialmente para dentro da carcaça compreende um canal anular com um perfil arqueado de maneira côncava, que tem um primeiro flanco voltado axialmente no sentido de ditas superfícies de encontro axial e um segundo flanco voltado axialmente oposto a ditas superfícies de encontro axial, um ressalto inclinado da carcaça definido por dito primeiro flanco e um ressalto inclinado voltado axialmente oposto a ditas superfícies de encontro axial, formado sobre a superfície periférica da borda macho voltada radialmente para fora e que sofre um deslocamento axial em relação um ao outro durante expansão radial, para vir em contato de vedação recíproco com um ajuste de interferência radial;
 - os primeiro e segundo rosqueamentos são afilados com um afilamento de no máximo 12,5%;
 - as porções de rosqueamento da cada elemento são localizadas ao longo de uma superfície afilada comum;
 - os primeiro e segundo rosqueamentos são retos, as duas porções de cada rosqueamento tendo diâmetros diferentes;
 - as superfícies correspondentes são fornecidas sobre os elementos macho e fêmea para assegurar um contato de vedação por meio de um ajuste de interferência radial entre ditas superfícies correspondentes antes da expansão;
 - ditas superfícies correspondentes são localizadas na vizinhança da extremidade livre do elemento macho;

- cada uma de ditas superfícies correspondentes é localizada entre dita zona de contato e a porção de rosqueamento do elemento correspondente que tem o diâmetro mínimo;
- o grau de expansão está na faixa de 10% até 30%;
- 5 • o grau de expansão está na faixa de 15% até 25%.

A invenção também é relativa a uma conexão tubular rosqueada como obtida pelo método definido acima.

A conexão tubular rosqueada da invenção compreende um primeiro elemento tubular macho que compreende um primeiro rosqueamento macho e um segundo elemento tubular fêmea que compreende um segundo rosqueamento fêmea para o interior do qual o primeiro rosqueamento é combinado, cada um dos primeiro e segundo rosqueamentos sendo separados em duas porções separadas uma da outra em uma direção axial, o elemento fêmea tendo, em uma zona de contato que se estende sobre uma fração do comprimento da conexão incluída entre ditas porções de rosqueamento, uma espessura radial que é reduzida com relação à sua espessura na área das porções de rosqueamento, os elementos macho e fêmea tendo respectivas superfícies voltadas radialmente no sentido uma da outra sobre todo o comprimento axial de dita zona de contato, entre as quais um contato vedado 10 é estabelecido localmente por meio de um ajuste de interferência radial.

15 As características e vantagens da invenção serão explicadas em detalhe na descrição a seguir, feita com referência aos desenhos que acompanham.

20 As Figuras 1 e 2 são vistas de meio corte transversal axial de um elemento tubular fêmea e um elemento tubular macho, projetados para utilização no método da invenção.

A Figura 3 é uma vista análoga a das Figuras 1 e 2 que mostra os 2 elementos tubulares no final de uma composição recíproca.

A Figura 4 mostra um perfil do rosqueamento macho do

elemento tubular macho da Figura 2.

A Figura 5 é uma vista de meio corte transversal axial de uma conexão tubular rosqueada da invenção obtida a partir dos elementos das Figuras 1 e 2.

5 As Figura 6 e 7 são vistas análogas às Figuras 1 e 2, respectivamente, e relativas a uma outra implementação da invenção.

A Figura 8 é uma vista parcial, em uma escala maior, de uma variação do conjunto da Figura 3.

10 A Figura 9 é uma meia vista de uma esfera para utilização na expansão da conexão no método da invenção.

A Figura 10 mostra uma variação das superfícies macho e fêmea projetadas para formar uma vedação antes da expansão.

As Figuras 11 e 12 são vistas análogas às Figuras 1 e 2, respectivamente, e relativas a uma outra implementação da invenção.

15 As Figuras 13 e 14 são detalhes de variações na porção de espessura reduzida do elemento fêmea.

As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, um elemento tubular fêmea 2 e um elemento tubular macho 1. O elemento 1 é formado em uma extremidade de um tubo de grande comprimento 11 e elemento 2 em 20 uma extremidade de um acoplamento tubular 12 projetado para conectar dois tubos tais como 11. Uma pluralidade de tubos tais como 11, cada um dos quais tem dois elementos rosqueados tais como 1 em suas duas extremidades, podem assim ser conectados juntos por meio de acoplamentos tais como 12, cada um dos quais tem dois elementos rosqueados 2 em suas duas 25 extremidades, para formar uma coluna de tubos fornecida para um poço de petróleo, por exemplo.

O elemento 1 tem um rosqueamento cilíndrico macho separado em duas porções 3a, 3b separadas uma da outra na direção axial. A porção 3a é mais afastada da extremidade livre do elemento 1 e tem diâmetro

maior do que a porção 3b que é mais próxima da extremidade livre. De maneira similar, o elemento 2 tem um rosqueamento cilíndrico fêmea em duas porções 4a e 4b que, respectivamente, correspondem a porções 3a e 3b do rosqueamento macho, a porção 4a se estendendo quase até a extremidade livre 5 do elemento fêmea 2.

A porção 3b do rosqueamento macho é estendida desde o lado da extremidade livre macho por meio de uma borda macho 5 que tem uma superfície periférica 7 voltada radialmente para fora.

Em correspondência com o elemento macho, o elemento 10 fêmea tem uma carcaça fêmea que tem uma superfície periférica 8 voltada radialmente para dentro.

A extremidade livre 9 do elemento 1 é formada por uma lingüeta que se projeta axialmente 13 e por uma superfície transversal 15, que é ajustada com relação à lingüeta 13, cuja superfície transversal 15 se estende 15 entre a lingüeta e a superfície periférica interna do elemento 1. O elemento fêmea 2 tem uma superfície anular 10 que corresponde à superfície extrema 9 do elemento 1, formada por um sulco 14 que pode acomodar a lingüeta 13 e uma superfície transversal 16 que podem operar em conjunto com a superfície 15. As superfícies 9 e 10 entram em contato de encontro recíproco para 20 limitar a constituição dos dois elementos tubulares. Seu aninhamento e disposição com uma pequena folga de superfícies 7, 8 pode garantir vedação da conexão rosqueada antes da expansão e depois da expansão quando o seu grau não excede cerca de 15%. Informação complementar sobre a configuração destas superfícies e seu comportamento durante e depois da 25 expansão pode ser encontrada na WO-A-02/01102.

A Figura 3 mostra elementos 1 e 2 conectados pela composição até as faces de encontros 9 e 10 entrem em contato de apoio recíproco, as porções de rosqueamento 3a e 3b sendo compostas nas porções de rosqueamento 4a e 4b, respectivamente.

De acordo com a invenção, em uma zona 20 de seu comprimento incluído entre porções de rosqueamento 4a e 4b, o elemento fêmea 2 tem um diâmetro externo uniforme que é menor do que seu diâmetro externo voltado para as porções de rosqueamento 4a e 4b e um diâmetro interno que é também uniforme resultando em uma espessura radial constante e, menor do que a sua espessura radial na área das porções de rosqueamento. 5 Em uma zona correspondente 20, o elemento macho 1 tem um diâmetro externo constante que é substancialmente igual ao diâmetro interno do elemento 2, de tal modo que os dois elementos se ajustam sob atrito médio na 10 zona 20. Em zonas de transição 23, 24 localizadas axialmente de cada lado da zona 20, a espessura radial do elemento 2 e seu diâmetro externo aumentam progressivamente com a distância da zona 20.

O termo “atraito médio” significa uma pequena folga entre as superfícies cilíndricas 21, 22, por exemplo, da ordem de 0,25 mm em 15 diâmetro.

Tal disposição de superfícies 21, 22 pode evitar qualquer risco de agarramento de ditas superfícies durante a composição; agarramento neste estado correria o risco de, em seguida, impedir a produção de um contato vedado entre as superfícies 21 e 22.

20 Deveria ser observado que ao longo da zona 20 a espessura e_2 do elemento fêmea é substancialmente menor do que a espessura e_1 do elemento macho.

De acordo com uma característica vantajosa complementar da invenção, a superfície do elemento macho voltada radialmente para fora tem, 25 entre a superfície 21 e a porção de rosqueamento 3b, uma superfície afilada 17 que corresponde a uma superfície afilada 18 interposta entre a superfície 22 e a porção de rosqueamento 4b sobre a face do elemento fêmea voltada radialmente para dentro. Um ajuste de interferência cone-cone radial entre as superfícies 17 e 18 na extremidade de composição também fornece uma

vedação antes da expansão. Esta vedação não tem que subsistir depois da expansão.

Outras formas são possíveis para as superfícies 17 e 18, por exemplo, uma superfície em domo 17 e uma superfície afilada 18 como 5 mostrado na Figura 10.

A Figura 4 mostra o perfil trapezoidal de roscas que formam o rosqueamento macho 3a, 3b. A base pequena B1 do perfil trapezoidal é localizada sobre o diâmetro principal do rosqueamento e forma as cristas da rosca e, como resultado, a grande base B2 é localizada no diâmetro menor e 10 forma a base da rosca. Os dois flancos de cada rosca são inclinados na mesma direção, o flanco F1 voltado no sentido da extremidade livre do elemento rosqueado ao qual ele pertence, chamado o flanco de ataque, e que é mais inclinado do que o outro flanco F2 com relação plano radial, este último flanco sendo denominado o flanco de carga uma vez que ele suporta o peso do 15 tubo inferior da conexão à qual ele pertence e os tubos localizado abaixo dele na coluna. Os flancos F1, F2 são conectados à crista e raiz de rosca através de porções arredondadas.

As roscas do rosqueamento fêmea 4a, 4b tem um perfil similar; a base pequena do trapézio está sobre o diâmetro menor do rosqueamento e a base grande está sobre o diâmetro maior. 20

A Figura 5 mostra a conexão rosqueada depois de expansão radial até uma quantidade de 25%. Pode ser mostrado determinando pressões de contato completadas por meio de testes de vedação sob condições de serviço, que um contato de vedação por meio de um ajuste de interferência 25 radial recíproco de superfícies 21 e 22 é estabelecido em duas áreas anulares 25 e 26 da zona 20, separadas uma da outra na direção axial.

As pressões de contato entre as superfícies 21 e 22 resultam de deslocamento para trás mais elevado no elemento fêmea do que no elemento macho depois da expansão.

No caso da implementação da Figura 5, o deslocamento para trás mais elevado do elemento fêmea é obtido por meio da espessura reduzida e_2 do elemento fêmea na zona de contato 2 com relação a espessura do elemento fêmea na área das porções de rosqueamento 4a e 4b, a espessura e_2 5 sendo assim substancialmente menor do que a espessura correspondente e_1 no elemento macho.

Nesta implementação, efeitos ótimos sobre a pressão de contato são obtidos quando a relação e_2/e_1 nem é muito elevada (uma vez que a diferença no deslocamento para trás fêmea/macho poderia não ser 10 suficiente) nem tão baixa (resistência mecânica insuficiente); daí a escolha preferencial de e_2/e_1 na faixa de 0,25 até 0,7, mais preferivelmente na faixa de 0,35 até 0,5.

De maneira similar, para otimizar o comportamento em serviço, é vantajoso que a relação entre e_1 e a espessura do tubo nem seja 15 muito elevada ($> 0,8$) nem muito pequena ($< 0,4$).

A tabela abaixo mostra valores característicos para a pressão de contato calculada por análise de elementos finitos (FEA) sob as seguintes condições:

- diâmetro externo de tubos 193,7 mm (7" 5/8)
- 20 • espessura de tubo (e_t) 9,53 mm (29,7 libra/pé);
- conexão tubular rosqueada que compreende uma conexão “esquerda” e “direita”, o deslocamento da esfera durante expansão da conexão esquerda para a direita:
- espessura e_2 2,61 mm
- 25 • espessura e_1 6,27 mm;
- daí e_2/e_1 0,37;
- e_1/e_t 0,73;
- comprimento da zona 20 cerca de 25 mm;
- grau de expansão 25%

- mesmos materiais para tubos e acoplamento.

A pressão de contato, calculada entre as superfícies 21-22 (vedação central), foi integrada ao longo da largura do contato e os valores abaixo são valores para esta integral em N/mm.

	Vedação central (N/mm)	
	Área anular 25	Área anular 26
Conexão esquerda	181	100
Conexão direita	281	87

5 Os valores obtidos para a vedação central são excelentes, se a esfera é deslocada a partir do elemento macho no sentido do elemento fêmea (conexão esquerda) ou a partir do elemento fêmea no sentido do elemento macho (conexão direita), a despeito de uma expansão de 25%.

10 Em uma outra implementação, o deslocamento para trás mais elevado do elemento fêmea com relação ao elemento macho pode ser aumentado utilizando um acoplamento 12 formado de um material com um módulo de Young que é mais baixo do que aquele de tubos 11 e/ou formado de um material tratado de modo a ter uma resistência a escoamento mais elevada do que aquela de tubos 11.

15 Assim, tubos de aço tratados podem ser utilizados para uma resistência a escoamento de 550 Mpa e acoplamentos de liga de titânio tratados para uma resistência de escoamento de 680 Mpa, o módulo de Young de ligas de titânio sendo da ordem de 60% daquele de aços.

20 Tal utilização de materiais pode ter um efeito técnico significativo sobre pressões de contato para valores de e_2/e_1 que são mais elevados do que aqueles na faixa preferencial.

25 Em uma variação mostrada na Figura 13, ao invés de ter um acoplamento formado de um material que difere de tubos com uma espessura substancial e_2 , uma espessura relativamente pequena e_2 pode ser retida de modo que e_2/e_1 está na faixa de 0,25 até 0,7, porém o espaço disponível externamente da superfície periférica externa do acoplamento voltado para a zona de espessura reduzida pode ser preenchido até uma extensão maior ou

menor por meio de reenchimento, por exemplo depositando material de enchimento por meio de soldagem formada de um material com um módulo de Young baixo e/ou uma resistência a escoamento elevada.

Um reenchimento formado de um material duro ou resistente à abrasão pode ser previsto, por exemplo. Alternativamente, um anel 28 pode ser inserido formado de tais materiais sobre a zona de espessura reduzida para fora dele; ver Figura 14. O anel pode ser dividido ou encolhido sobre.

As Figura 6 e 7 são vistas análogas às Figuras 1 e 2 que mostram elementos tubulares com rosqueamentos afilados. As raízes e cristas de roscas das porções de rosqueamento 33a e 33b do elemento macho 31 são localizadas em superfícies afiladas comuns, e de maneira similar para as porções de rosqueamento 34a e 34b do elemento fêmea 32. Oposta à extremidade livre 39 do elemento 31, a porção de rosqueamento 33a compreende roscas evanescentes ou que se terminam, isto é, com alturas que se reduzem progressivamente até zero.

Em variações que não estão mostradas, as duas porções de cada rosqueamento são colocadas sobre superfícies afiladas distintas, que tem o mesmo ou diferentes afilamentos.

Em uma zona de contato 50 localizada entre as porções de rosqueamento 34a e 34b, o elemento fêmea 32 tem uma espessura radial e_2 definida por uma superfície periférica interna cilíndrica lisa 51 e uma superfície periférica externa cilíndrica com um diâmetro reduzido com relação ao diâmetro externo do elemento 32 na área das porções de rosqueamento 34a e 34b. A espessura e_2 é assim mais baixa do que a espessura radial e_1 do elemento macho 31 na zona 50 e do que a espessura radial do elemento 32 na área da porção de rosqueamento 34b na área da porção de rosqueamento 34a no mínimo na sua região que é mais próxima da zona 50, a espessura do elemento 32 se reduzindo progressivamente na direção de sua extremidade livre devido ao afilamento da porção de

rosqueamento 34a. Em zonas de transição 53, 54 localizadas axialmente de cada lado da zona 50, a espessura radial do elemento 32 e seu diâmetro externo aumenta de maneira progressiva.

A Figura 7 mostra que na zona de contato 50 da conexão rosqueada, o elemento macho 31 tem uma superfície periférica interna cilíndrica lisa similar à superfície 22 da Figura 2.

Nesta implementação, o papel das superfícies 17 e 18 nas Figuras 1 e 2 é desempenhado por uma superfície côncava afilada macho 57 adjacente à extremidade livre 39 do elemento macho e por uma superfície 10 côncava afilada fêmea correspondente 58 localizada além da porção de rosqueamento 34b em relação à extremidade livre do elemento fêmea.

Na variação da Figura 8, a superfície periférica voltada radialmente para dentro da carcaça fêmea compreende um canal anular 44 que tem um perfil côncavo que é formado substancialmente como um arco de um círculo com um raio de cerca de 10 mm, que é conectado no lado da segunda superfície de encontro axial 10 a uma primeira porção da parede periférica 45 e sobre o lado oposto a uma segunda porção de uma parede periférica 40 que é substancialmente de mesmo diâmetro que a porção parede 45, o flanco do canal 44 sobre a segunda porção do lado de parede periférica que define um 15 ressalto inclinado 41.

Nesta mesma variação, a superfície periférica 7 da borda macho 5 voltada radialmente para fora compreende uma porção cilíndrica 47 colocada entre um ressalto inclinado 43 e a primeira superfície de encontro axial 9. O espaço entre a base do canal 44 e a porção cilíndrica 47 e as folgas 20 permite a evacuação adequada de graxa durante a composição.

Durante a expansão da conexão, a forma côncava do canal 44 imprime uma forma convexa correspondente na superfície periférica 7 da borda.

Expansão radial provoca deformação axial que provoca um

deslocamento relativo do ressalto inclinado 41 da carcaça e do ressalto inclinado 43 da borda. A direção de expansão axial de modo algum é o contato entre os ressaltos inclinados 41 e 43 que resulta ou de fechamento do ressalto inclinado da carcaça contra o ressalto inclinado 43 da borda ou vice-versa, de fechamento do ressalto inclinado 43 da borda contra o ressalto inclinado 41 da carcaça.

Assim, a deformação radial da expansão provocou deformação axial da borda 5 e carcaça 6. O ressalto inclinado 43 da borda entra em contato em no mínimo um ponto com o ressalto inclinado 41 da carcaça ou vice-versa. Este contato de vedação permanece estável mesmo sob tensão. Ele é reforçado quando o grau de expansão aumenta.

O canal imprime na borda macho uma curvatura local que é maior e tende a encorajar contato entre a lingüeta 13 e o flanco do sulco 14. Este contato trava e estabiliza o comportamento da borda sob a pressão substancialmente interna de um fluido.

A Figura 9 é uma meia vista de uma ferramenta de expansão, ou esfera, que é conhecida por si mesma, vantajosamente para utilização no método da invenção. A esfera 60 têm uma região cilíndrica 61, cujo diâmetro é selecionado como uma função do grau de expansão desejado, que é conectada através de uma porção arredondada 62 a uma região afilada 63 que mais tarde se estende até a face extrema radial 64. O diâmetro da face extrema 64 que constitui a base pequena da região afilada 63 é menor do que o diâmetro interno inicial dos elementos tubulares, o que permite que a esfera seja engatada nela através da extremidade 64, o diâmetro interno dos elementos tubulares sendo aumentados progressivamente pelo avanço da região 63. Uma explicação detalhada da ação da esfera pode ser encontrada na WO-A-02/01102.

Vantajosamente, o raio R da porção arredondada 62 é na faixa de 1,27 até 6,35 cm e o semi-ângulo de pico α da região afilada é cerca de

10°.

Embora a conexão da invenção tenha sido descrita acima como sendo formada entre um tubo de grande comprimento e um acoplamento (conexão acoplada), a invenção é também aplicável a uma conexão formada 5 entre dois tubos de grande comprimento e em particular uma conexão integrada formada em tubos de grande comprimento, por exemplo por meio de forjamento, ou a uma conexão constituída por elementos fixados a tubos, por exemplo por meio de soldagem. Além disto, as superfícies de encontro axial dos elementos rosqueados pode ter outras formas, diferentes daquelas 10 descritas com uma lingüeta e sulco.

No caso de uma conexão integrada, além de espessar substancialmente as extremidades dos tubos por forjamento, o que é caro, a espessura de tubo pode provar ser insuficiente para produzir uma conexão do tipo mostrado na Figura 3.

15 Isto significa que o encontro axial fêmea deve então ser removido. As Figuras 11 e 12 mostram tal variação da Figura 3 e utilizam os mesmos numerais de referência para designar elementos idênticos àqueles nas Figuras 1 e 2, em particular as porções de rosqueamento reto 3a, 3b, 4a, 4b, e a zona de contato 20 localizada entre as porções de rosqueamento nas quais o 20 elemento fêmea tem uma espessura reduzida e_2 , para estabelecer contato de vedação por meio de interferência radial depois da expansão entre as superfícies 21 e 22.

Devido à ausência de uma superfície de encontro fêmea, não é 25 então possível determinar o final da composição por uma elevação abrupta no torque de composição como ocorre ao trazer os encontros axiais de conexões que tem tais encontros, em encontro.

Contudo, é possível definir o final da composição sobre uma conexão sem nenhum encontro axial, ligando marcas de referência sobre o exterior dos elementos macho e fêmea para alinhamento em maneira

conhecida.

Claramente, a ausência de um encontro fêmea resulta em uma ausência de um contato de vedação depois de expansão entre a superfície periférica voltada para fora da borda 75 e aquela do elemento fêmea voltado 5 para dentro.

As conexões rosqueadas obtidas pelo método da invenção são particularmente adequadas para a perfuração e trabalhos de poço que compreendem apenas uma única coluna de tubulação interna ou de revestimento enquanto a técnica convencional de livre expansão envolve 10 colocar uma pluralidade de colunas concêntricas que dependem das profundidades a serem alcançadas.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para produzir uma conexão tubular rosqueada vedada começando em uma conexão tubular rosqueada inicial compreendendo:

5 um primeiro elemento tubular macho (11) que compreende um
primeiro rosqueamento macho (3a, 3b); e

um segundo elemento tubular fêmea (2) que compreende um segundo rosqueamento fêmea (4a, 4b) homólogo ao primeiro rosqueamento;

10 fazer o primeiro rosqueamento para o interior do segundo rosqueamento para trazer os dois elementos em uma posição conectada e submeter a conexão tubular rosqueada inicial a uma expansão diametral na região de deformação plástica utilizando a ferramenta de expansão (60) com um diâmetro que é maior do que o diâmetro interno de ditos elementos tubulares que é axialmente deslocada na conexão;

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de ditas superfícies lisas serem cilíndricas e deslizarem livremente uma na outra.

3. Método de acordo com a reivindicação 1 ou reivindicação 2, caracterizado pelo fato da espessura radial (e_1, e_2) do elemento fêmea e do elemento macho ser constante sobre todo o comprimento de dita zona de contato.

5 4. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da folga diametral entre ditas superfícies lisas estar na faixa de 0,1 até 0,8 mm.

10 5. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de dito contato de vedação por meio de um ajuste de interferência radial ser estabelecido em no mínimo duas áreas anulares (25, 26) distribuído sobre dita zona de contato.

15 6. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da espessura radial e_2 do elemento o fêmea em dita zona de contato ser reduzida em relação à sua espessura na área das porções de rosqueamento.

7. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato da relação entre a espessura radial mínima e_2 do elemento fêmea em dita zona de contato e a espessura radial e_1 do elemento macho voltado para ela ser na faixa de 0,25 até 0,7.

20 8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de dita relação estar na faixa de 0,35 até 0,5.

25 9. Método de acordo com uma das reivindicações 6 a 8, caracterizado pelo fato da espessura radial do elemento fêmea aumentar progressivamente em duas zonas de transição (23, 24) localizadas respectivamente de cada lado de dita zona de contato.

10. Método de acordo com uma das reivindicações 6 a 9, caracterizado pelo fato da zona de espessura reduzida (e_2) do elemento fêmea ser no mínimo parcialmente preenchida com material (27) que tem um módulo de Young mais baixo e/ou uma resistência a escoamento mais elevada

do que o elemento fêmea.

11. Método de acordo com uma das reivindicações 6 a 9, caracterizado pelo fato da espessura reduzida (e_2) da zona do elemento fêmea ser circundada por um anel formado de um material (28) com um módulo de 5 Young mais baixo e/ou uma resistência a escoamento mais elevada do que o elemento fêmea.

12. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato do primeiro elemento tubular e o segundo elemento tubular, respectivamente, fazerem parte de um tubo de grande 10 comprimento e um acoplamento projetado para conectá-lo a um outro tubo de grande comprimento através de uma segunda conexão tubular rosqueada também obtida pelo método da invenção como definido em qualquer uma das reivindicações precedentes.

13. Método de acordo com a das reivindicação 12, 15 caracterizado pelo fato do acoplamento ser formado de um material que difere daquele do tubo de grande comprimento por ter um módulo de Young mais baixo e/ou uma resistência a escoamento mais elevada.

14. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, 20 caracterizado pelo fato do primeiro elemento tubular e o segundo elemento tubular pertencerem respectivamente a dois tubos de grande comprimento.

15. Método de acordo com uma das reivindicações 12 a 14, 25 caracterizado pelo fato da relação entre a espessura radial e_1 do elemento macho em dita zona de contato e a espessura radial do tubo ou tubos de grande comprimento sobre a maior parte de seu comprimento estar na faixa de 0,4 até 0,8.

16. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato dos elementos tubulares macho (1) e fêmea (2) respectivamente terem primeira e segunda superfícies de encontro axial (9, 10) que entram em contato recíproco na extremidade no final da

composição.

17. Método de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato do primeiro elemento tubular ter em sua extremidade livre uma borda anular que tem dita primeira superfície de encontro axial (9) constituída 5 por uma lingüeta anular (13) e por uma superfície transversal (15) adjacente à dita lingüeta e ajustada axialmente para trás em relação a ela conectada à superfície periférica interna do primeiro elemento, e o segundo elemento tubular ter uma carcaça homóloga à borda macho que tem dita segunda superfície de encontro axial (10) constituída por um sulco anular (14) por uma 10 superfície transversal (16) adjacente a ela, conectada à superfície periférica interna do segundo elemento, a lingüeta (13) operando em conjunto com o sulco (14).

18. Método de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato da superfície periférica voltada radialmente para dentro da carcaça 15 compreender um canal anular (44) com um perfil arqueado de maneira côncava que tem um primeiro flanco voltado axialmente no sentido de ditas superfícies de encontro axial e um segundo flanco voltado axialmente oposto a ditas superfícies de encontro axial, um ressalto inclinado (41) da carcaça, definido por dito primeiro flanco e um ressalto inclinado (43) voltado 20 axialmente oposto a ditas superfícies de encontro axial, formado sobre a superfície periférica da borda macho voltada radialmente para fora que sofre um deslocamento axial uma em relação à outra durante expansão radial para entrar em contato de vedação recíproco com um ajuste de interferência radial.

19. Método de acordo com uma das reivindicações 25 precedentes, caracterizado pelo fato do primeiro (3) e segundo (4) rosqueamentos serem afilados com um afilamento de no máximo 12,5%.

20. Método de acordo com a reivindicação 19, caracterizado pelo fato das porções de rosqueamento de cada elemento serem localizadas ao longo de uma superfície afilada comum.

21. Método de acordo com uma das reivindicações 1 a 18, caracterizado pelo fato dos primeiro (3) e segundo (4) rosqueamentos serem retos, as duas porções de cada rosqueamento tendo diâmetros diferentes.

22. Método de acordo com uma das reivindicações 5 precedentes, caracterizado pelo fato de superfícies correspondentes serem fornecidas sobre os elementos macho e fêmea para assegurar um contato de vedação por meio de um ajuste de interferência radial entre ditas superfícies correspondentes antes de expansão.

23. Método de acordo com a reivindicação 22, dependendo na 10 reivindicação 19 ou 20, caracterizado pelo fato de ditas superfícies correspondentes serem localizadas na vizinhança da extremidade livre do elemento macho.

24. Método de acordo com a reivindicação 22, dependendo na reivindicação 21, caracterizado pelo fato de cada uma de ditas superfícies correspondentes ser localizada entre dita zona de contato e a porção de rosqueamento do elemento correspondente que tem o diâmetro menor.

25. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato do grau de expansão estar na faixa de 10% até 30%.

20 26. Método de acordo com uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato do grau de expansão estar na faixa de 15% até 25%.

27. Conexão tubular rosqueada, caracterizada pelo fato de ser obtida por meio do método como definido em uma das reivindicações 25 precedentes, compreendendo um primeiro elemento tubular macho (1) que compreende um primeiro rosqueamento macho e um segundo elemento tubular fêmea (2) que compreende um segundo rosqueamento fêmea, para o interior do qual o primeiro rosqueamento (3) é constituído, cada um dos primeiro e segundo rosqueamentos sendo separado em duas porções (3a, 3b,

4a, 4b) separadas uma da outra em uma direção axial, os elemento macho e fêmea tendo em uma zona de contato (20) que se estende sobre uma fração do comprimento de conexão incluída entre ditas porções de rosqueamento, superfícies respectivas (21, 22) voltadas radialmente no sentido uma da outra, 5 entre as quais um contato vedado é estabelecido localmente por um ajuste de interferência radial.

28. Conexão tubular rosqueada inicial para implementar o método como definido em uma das reivindicações 1 a 26, compreendendo
10 um primeiro elemento tubular macho (11) que compreende um primeiro rosqueamento macho (3a, 3b); e
um segundo elemento tubular fêmea (2) que compreende um segundo rosqueamento fêmea (4a, 4b) homólogo ao primeiro rosqueamento;
15 o primeiro rosqueamento sendo constituído no segundo rosqueamento de forma que os dois elementos estão em uma posição conectada;
20 caracterizado pelo fato de cada um dos primeiro e segundo rosqueamentos ser separado em duas porções (3a, 3b, 4a, 4b) separadas uma da outra em uma direção axial, e pelo fato de em uma zona de contato (20) que se estende sobre uma fração do comprimento da conexão incluída entre ditas porções de rosqueamento, os elementos macho e fêmea têm superfícies lisas (21, 22) voltadas radialmente para fora e para dentro respectivamente, as quais se ajustam uma na outra sobre todo o comprimento axial de dita zona de contato, dispositivo sendo fornecido para aumentar o elemento fêmea na zona de contato com um deslocamento elástico para trás depois da expansão que é 25 maior do que aquele do elemento macho, para estabelecer contato vedado local por meio de um ajuste de interferência radial entre ditas superfícies lisas.

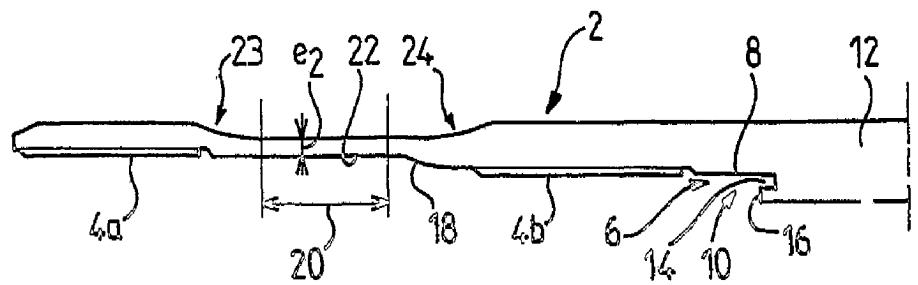


FIG. 1

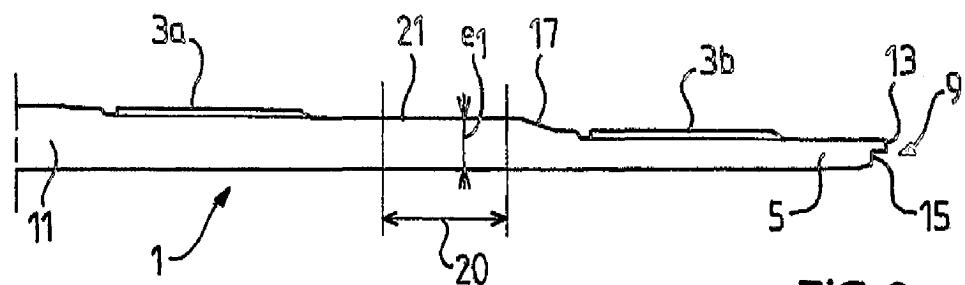


FIG. 2

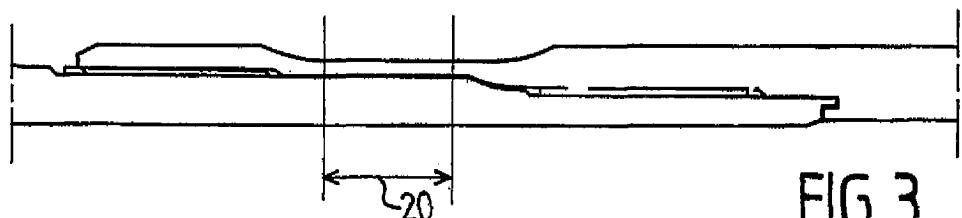


FIG. 3

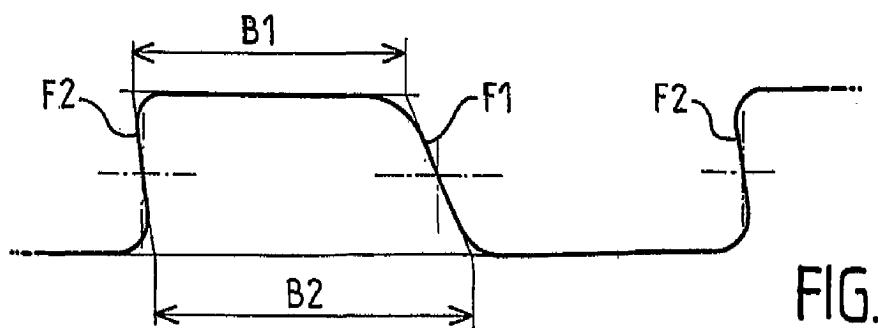


FIG. 4

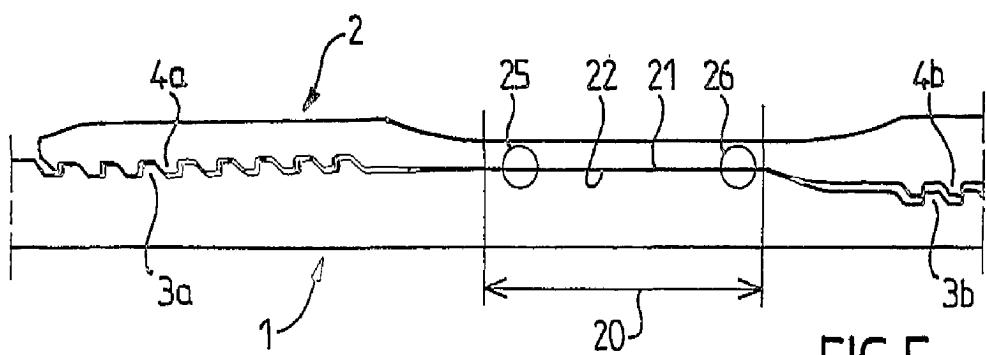


FIG. 5

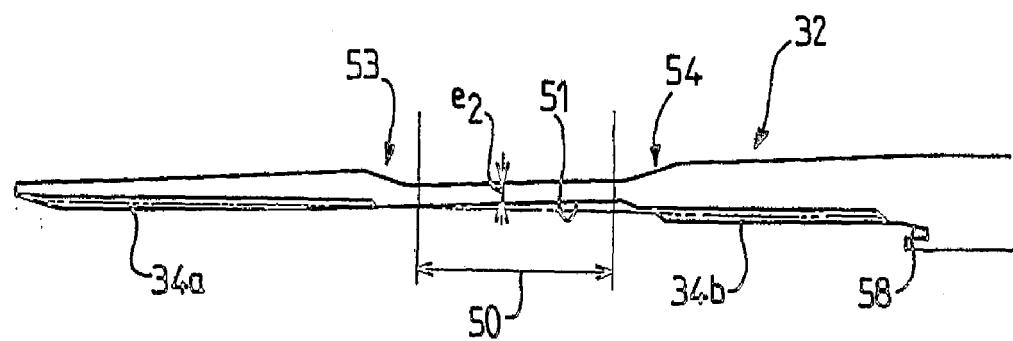


FIG. 6

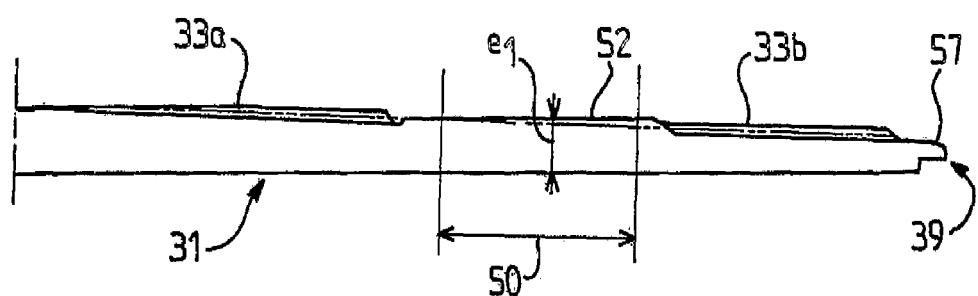


FIG. 7

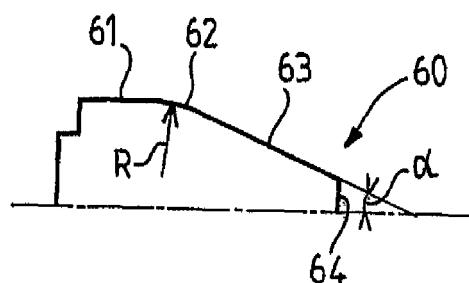


FIG. 9

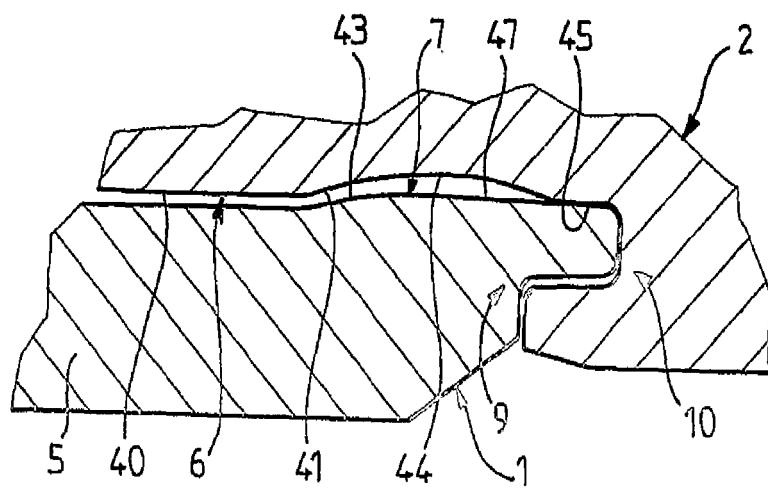


FIG. 8

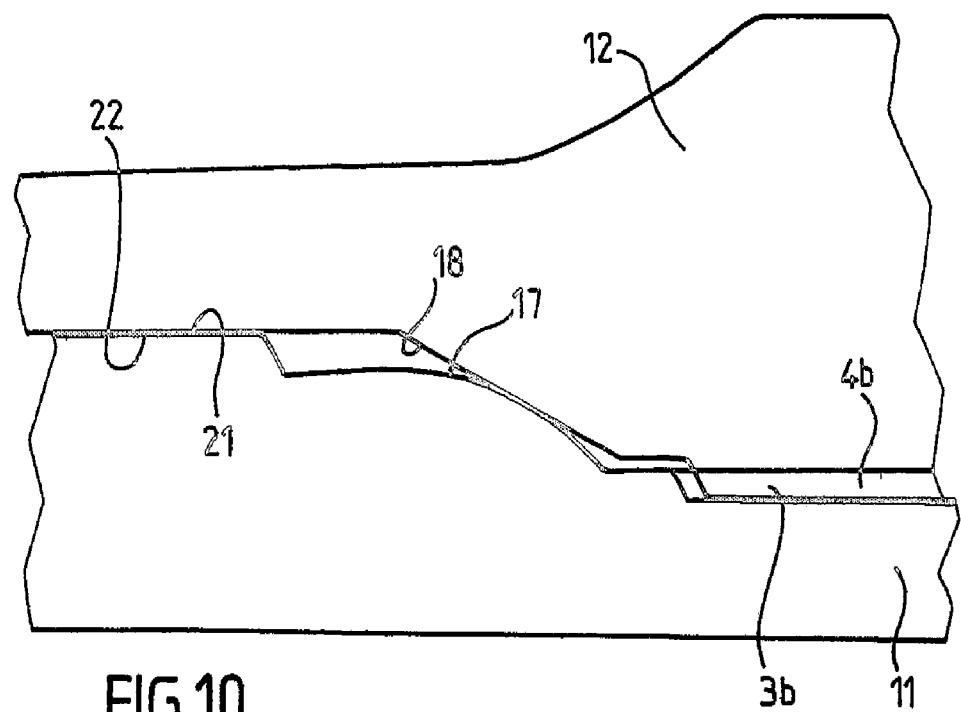


FIG. 10

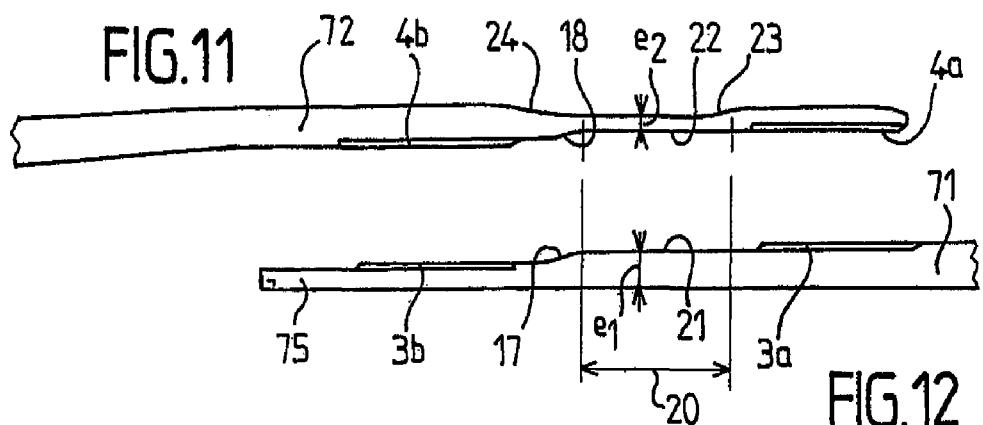


FIG. 12

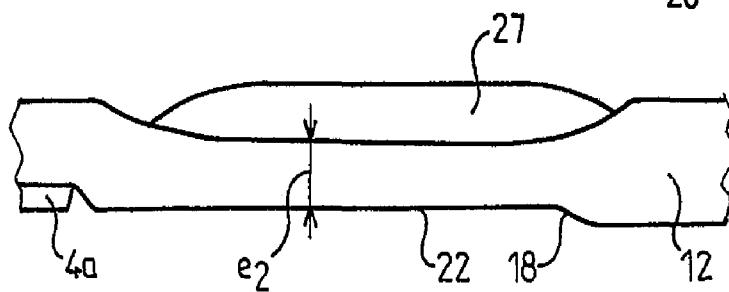


FIG. 13

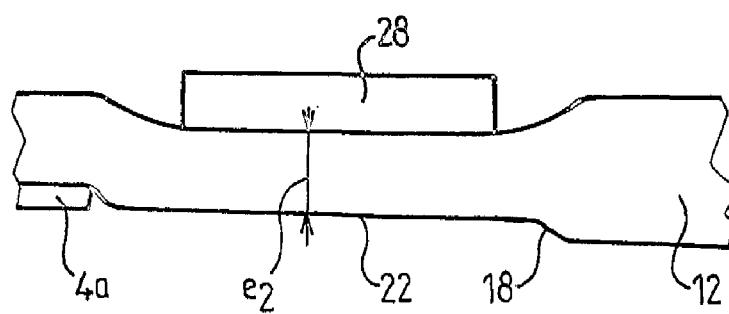


FIG. 14

RESUMO**“MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA VEDADA, E, CONEXÃO TUBULAR ROSQUEADA”**

Para produzir um contato de vedação entre elementos rosqueados macho e fêmea (1, 2), é fornecida uma zona de contato (20) localizada entre porções rosqueadas macho e fêmea (3a, 4a, 3b, 4b) separadas uma da outra na direção axial. Os elementos macho e fêmea têm, respectivamente, porções cilíndricas (21, 22) que se estendem sobre todo o comprimento da zona de contato (20). Depois de expansão um contato de vedação é estabelecido entre ditas superfícies em duas áreas anulares (26, 28) por meio de um ajuste de interferência radial.