



INPI
INSTITUTO NACIONAL
DA PROPRIEDADE
INDUSTRIAL
Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0910135-7

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0910135-7

(22) Data do Depósito: 25/06/2009

(43) Data da Publicação do Pedido: 07/01/2010

(51) Classificação Internacional: E21B 33/038; E21B 17/04; F16L 17/08.

(30) Prioridade Unionista: US 12/487,516 de 18/06/2009; US 12/164,962 de 30/06/2008.

(54) Título: CONJUNTO DE VEDAÇÃO

(73) Titular: VETCO GRAY INC.. Endereço: 4424 WEST SAM HOUSTON PKWY NORTH, SUITE 100, HOUSTON, TX, US 77041, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US)

(72) Inventor: JOSEPH W. PALLINI JR.; CHII-REN LIN; ROCKFORD D. LYLE.

Prazo de Validade: 20 (vinte) anos contados a partir de 25/06/2009, observadas as condições legais

Expedida em: 11/12/2018

Assinado digitalmente por:

Liane Elizabeth Caldeira Lage

Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

“CONJUNTO DE VEDAÇÃO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se, em geral, à produção de poço submarino de petróleo e gás, e em particular a uma vedação metal-metal para uso em um conector de amarração.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] A vedação metal-metal é comumente usada em montagens submarinas de produção de hidrocarboneto. Por exemplo, poços submarinos têm tipicamente um conjunto de cabeça de poço submarina no fundo do mar com uma árvore de natal de produção submarina montada sobre o conjunto de cabeça de poço. A árvore de natal tem válvulas conectadas a linhas de escoamento para controlar o escoamento a partir do poço. Em outro tipo de instalação, uma coluna de conduto de amarração (tieback) se estende a partir do conjunto de cabeça de poço submarina para uma plataforma na superfície. Uma árvore de natal de superfície é montada na extremidade superior do conduto de amarração. Alguns sistemas de riser têm condutos de amarração (tieback) interno e externo, cada um dos quais funciona separadamente e é conectado por meio de um conector de amarração. Os condutos de amarração interno e externo constituem o riser de amarração naquele tipo de sistema.

[003] O conduto de amarração interno é instalado conectando um conector de amarração à extremidade inferior do conduto e baixando-o no interior do furo do conjunto de alojamento de cabeça de poço submarina. O conector de amarração tem um membro de travamento que trava o alojamento de cabeça de poço submarina ou a junta de tensão afunilada no fundo do conduto de amarração externo. O conduto de amarração interno também inclui uma vedação entre onde o conector de amarração se assenta sobre o conjunto de cabeça de poço submarina. A vedação é, de preferência, uma vedação metal-metal, e veda um componente interno do conjunto de alojamento de cabeça de

poço submarina. As vedações metal-metal têm diversas configurações. Embora muitas funcionem bem, melhorias são desejadas.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[004] O conjunto de vedação inclui um membro tubular tendo um eixo geométrico longitudinal e um perfil de vedação de membro tubular. Um anel de vedação de metal tendo uma base proximal e uma extremidade distal tem um perfil de vedação de anel de vedação entre a base proximal e a extremidade distal que entra em contato com o perfil de vedação de membro tubular. Uma reentrância anular distal é localizada em um dos perfis de vedação, sendo que a reentrância anular distal é separada axialmente da extremidade distal do anel de vedação, definindo uma superfície de vedação principal entre a extremidade distal do anel de vedação e a reentrância anular distal. A superfície de vedação engata uma superfície de vedação do perfil de vedação de membro tubular. As porções de contato das superfícies de vedação formam uma área de vedação metal-metal principal.

[005] Uma reentrância anular proximal é localizada em um dos perfis de vedação e é separada axialmente da reentrância anular distal, definindo uma área de sustentação separada axialmente da área de vedação metal-metal. A reentrância anular distal tem um comprimento de extensão axial que excede um comprimento de extensão axial da área de vedação metal-metal, medida ao longo do eixo geométrico do membro tubular.

[006] De preferência, a reentrância anular proximal tem um comprimento de extensão axial, medido ao longo do eixo geométrico do membro tubular, que excede o comprimento de extensão axial da área de vedação metal-metal. Na realização preferencial, quando vista em um corte transversal axial, cada uma das reentrâncias anulares forma uma curva contínua a partir de uma borda para uma borda oposta.

[007] A área de sustentação em um dos perfis de vedação fica em

contato com parte de outro dos perfis de vedação quando exposta a um nível selecionado de pressão de fluido, mas existe menos força compressiva entre essa parte e a área de sustentação do que na área de vedação metal-metal. O contato de área de suporte não forma necessariamente uma vedação metal-metal, particularmente, em níveis de pressão mais baixa.

[008] A reentrância anular distal pode estar em um perfil de vedação de anel de vedação ou pode estar em no perfil de membro tubular. A reentrância anular proximal pode estar em um perfil de vedação de anel de vedação ou no perfil de vedação de membro tubular. Se a reentrância anular proximal estiver no perfil de vedação de membro tubular, uma reentrância anular proximal adicional pode ser formada no perfil de vedação de anel de vedação oposta à reentrância anular proximal no perfil de vedação de membro tubular.

[009] Em uma realização, as reentrâncias anulares proximal e distal são localizadas no perfil de vedação de membro tubular. O perfil de vedação de anel de vedação compreende uma superfície cônica que é substancialmente reta a partir da área de vedação metal-metal para a reentrância anular proximal no perfil de vedação de membro tubular.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[010] A Figura 1 é uma vista seccional que ilustra um conector de amarração, tendo um conjunto de vedação, assentado em um conjunto de cabeça de poço.

[011] A Figura 2 é uma vista seccional que ilustra o conector de amarração da Figura 1 em uma posição assentada.

[012] A Figura 3 vista seccional ampliada do conjunto de vedação da Figura 1.

[013] A Figura 4 é uma vista seccional ampliada do conjunto de vedação da Figura 2.

[014] A Figura 5 é uma vista seccional de uma realização

alternativa do conjunto de vedação da Figura 4.

[015] A Figura 6 é uma vista seccional de outra realização alternativa do conjunto de vedação da Figura 4.

[016] A Figura 7 é uma vista seccional ampliada da porção de mandril do conjunto de vedação da Figura 6.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[017] Referindo-se à Figura 1, um conector de amarração 20 para uma cabeça de poço submarina é ilustrado em vista em corte transversal lateral destinado para um conjunto de cabeça de poço (não mostrado). O conector de amarração 20 compreende um mandril tubular 22, uma luva de atuador 34 circunscrevendo a porção inferior do mandril 22, uma luva 32 formada em torno tanto da porção superior da luva de atuador 34 quanto do mandril 22, e um membro de fixação de suspensor de revestimento 28 circulando coaxialmente a luva 32. Superfícies de acoplamento opostas do mandril 22 e da luva 32 incluem, respectivamente, uma ranhura de mandril 23 e uma ranhura de luva 33. Conforme mostrado, essas ranhuras 23, 33 ficam alinhados com um anel fendido 30 que se estende tanto no interior da ranhura de mandril 23 quanto no interior da ranhura da luva 33. O mandril 22 e a luva 32 ficam coaxialmente acoplados através da presença do anel fendido 30 dentro das ranhuras 23, 33.

[018] O conector de amarração 20 inclui adicionalmente um conjunto de vedação 50 afixado à extremidade inferior do mandril 22. As Figuras 1 e 3 ilustram a vedação 50 antes da energização da vedação 50. As Figuras 2 e 4 descrevem a vedação 50 em engate com um suspensor de revestimento 38. Em relação à Figura 3, uma vista em corte transversal lateral ampliada do conjunto de vedação 50 é ilustrado. O conjunto de vedação 50 compreende um membro de vedação de metal que pode ter um uma, base, alma ou trave anular 54 em seu lado externo que se estende radialmente para fora a partir de sua seção intermediária e uma perna superior 56 que se estende a partir da seção

intermediária substancialmente perpendicular à alma 54. Opcionalmente está incluída uma perna inferior 58 que se estende em uma direção oposta a partir da perna superior 56. Uma superfície externa da perna superior 56 tem porções em contato de vedação com uma extremidade terminal inferior do mandril 22. Embora o mandril 22 seja mostrado como parte da conexão de amarração 20, o conjunto de vedação 50 pode ser acoplado a qualquer membro anular e pode ser usado para vedação entre os mesmos.

[019] O mandril 22 tem, de preferência, uma superfície de vedação cilíndrica inferior 29a, uma superfície de sustentação levemente cônica ou cilíndrica central 29b e uma superfície de vedação cônica superior 29c. A superfície de vedação cilíndrica inferior 29a tem um diâmetro maior do que a superfície de sustentação cilíndrica central 29b e fica separada por meio de uma área de transição cônica. A superfície de vedação cônica superior 29c tem um diâmetro máximo em sua junção com a superfície de sustentação 29b.

[020] A vedação 50 é um membro anular limitando um eixo geométrico longitudinal do mandril 22. Uma ranhura de vedação de perna superior 72 é formada opcionalmente em uma porção inferior cilíndrica da superfície externa de perna superior próxima à alma 54. Uma vedação elastomérica 74, localizada na ranhura de vedação 72, é mostrada em corte transversal e fica elasticamente deformada quando pressionada contra a porção de vedação cilíndrica inferior 29a da superfície de vedação oposta 29 do mandril 22. Um rebaixo ou uma reentrância anular 68 é formado no interior da superfície externa de perna superior iniciando uma distância curta acima da ranhura 74. A reentrância 68 inicia em uma porção de vedação 50 que pode ser considerada como parte de uma base da primeira perna 56, desse modo, pode ser denominada de reentrância proximal 68. Quando vista na vista em corte transversal axial das Figuras 3 e 4, a reentrância 68 tem, de preferência, um perfil continuamente curvado a partir de sua borda inferior para sua borda

superior. Nesse exemplo, o perfil curvado é formado em um raio único. A borda superior da reentrância proximal 68 termina em uma área de sustentação 66, que pode ser cilíndrica e ter uma espessura ou dimensão axialmente finita. A área de sustentação 66 pode entrar em contato com, mas não veda necessariamente, a superfície de sustentação central de mandril 29b. Se em contato após montagem inicial, a área de sustentação 66 exerceria menos força contra o membro tubular superior 22 do que a área de vedação 62. A área de sustentação 66 entraria em contato com a superfície de sustentação central 29b quando a pressão de fluido estivesse no nível máximo, mas o contato não seria suficiente para formar a vedação metal-metal na pressão de fluido especificada. A espessura ou extensão axial de área de sustentação 66 é menor do que o comprimento ou a extensão axial do rebaixo 68. O comprimento axial é medido ao longo do eixo geométrico do mandril 22.

[021] Uma segunda reentrância anular ou um rebaixo de perna superior 64 é formada na perna superior 56 e tendo em vista que está mais próxima à extremidade superior da perna superior 56, pode ser chamada de uma reentrância distal. O rebaixo 64 inicia na área de sustentação 66 e termina em uma área de vedação 62 exterior de perna superior. A área de vedação 62 é formada próxima à ponta da perna superior 56, e conforme será descrito abaixo, a mesma apresenta um ponto principal de contato de vedação entre o conjunto de vedação 50 e a área de vedação cônica superior 29c do mandril 22. O rebaixo 64 é mostrado como tendo um comprimento axial e um raio maior do que o rebaixo 68, mas variações são possíveis.

[022] Na realização da Figura 3, a área de vedação 62 tem um corte transversal geralmente cônico curvado, mas outras configurações são viáveis. O diâmetro da área de vedação 62 é menor do que o diâmetro da área de sustentação 66. O comprimento ou a dimensão axial do rebaixo 64 é maior do que a porção de contato da vedação superior 62. O comprimento axial da

área de vedação 62, que é a porção que entra em contato com e veda a superfície de mandril 29c, situa-se na faixa de cerca de 10% a cerca de 50% do primeiro comprimento axial de reentrância.

[023] A perna superior 56 deflete elasticamente quando é instalada no mandril 22, com a área de vedação 62 defletindo radialmente para dentro levemente para formar uma vedação metal-metal com a superfície de vedação 29c. A área de sustentação 66 deflete, de preferência, uma quantidade muito pequena comparada à deflexão da área de vedação 62. Antes de ser instalada no mandril 22, uma linha 69 tangente à área de vedação 62 e à área de sustentação 66 seria um ângulo positivo pequeno T_a relativo a uma linha vertical 70 paralela ao eixo geométrico do mandril 22. Após a instalação, o ângulo cônico T_a entre as linhas 69 e 70 aumenta levemente. Antes da instalação, o ângulo cônico T_a pode ser de cerca de 8° a cerca de 15° .

[024] A realização da perna inferior 58 da Figura 3 é similar à perna superior 56, mas algumas diferenças existem nas realizações mostradas. A perna inferior 58 engatará de forma vedante a uma superfície de vedação no suspensor de revestimento 38. Conforme mostrado na Figura 4, a área de vedação no suspensor de revestimento 38 inclui uma superfície cilíndrica inferior 38a, uma área de transição cônica 39b e uma superfície cilíndrica superior 39c. A superfície cilíndrica superior 39c é maior em diâmetro do que a superfície cilíndrica inferior 39a. A superfície cilíndrica superior 39c e a superfície cilíndrica inferior 38a poderiam ser levemente cônicas, se desejado.

[025] A perna inferior 58 inclui opcionalmente uma porção cilíndrica em sua superfície externa com uma porção de base tendo uma ranhura de vedação 90 e uma vedação O-ring (anel de vedação em O) 92 elastomérica que veda a superfície cilíndrica superior 39c. A perna inferior 58 também inclui uma terceira e uma quarta reentrância ou rebaixo 82, 86 separados por uma área de sustentação 84. A reentrância 86 inicia no que pode ser considerado como

parte da base da segunda perna 58. A área de sustentação 84 pode entrar em contato com, mas não veda necessariamente, a superfície cilíndrica inferior 39a. A área de sustentação 84 exerce menos força contra o suspensor de revestimento 38 do que a segunda área de vedação 80. Nesse exemplo, o rebaixo inferior 82 e o rebaixo superior 84 têm aproximadamente os mesmos raios e comprimentos axiais, mas o rebaixo inferior 82 é mais raso. A área de vedação 80 na perna inferior 58 fica próxima à ponta de perna inferior e pode ter, opcionalmente, um corte transversal arredondado. A área de vedação 80 engata de forma vedante a superfície cilíndrica de suspensor de revestimento 39a. O comprimento axial de cada rebaixo 82, 84 é maior do que a espessura axial da seção de sustentação 84 e o comprimento axial da porção de contato da área de vedação 80.

[026] Uma das diferenças entre a perna inferior 58 e a perna superior 56 é a diferença entre o ângulo cônico superior inicial T_a e um ângulo cônico inferior T_b . O ângulo cônico inferior T_b é o ângulo inicial, antes da instalação, entre uma linha tangente 81 e uma linha vertical 70, que é paralela ao eixo geométrico do suspensor de revestimento 38. A linha tangente 81 é tangente à área de sustentação 84 e à área de vedação inferior 80. O ângulo cônico inferior T_b é um cone reverso relativo à linha vertical 70 a partir do ângulo cônico superior T_a . A área de vedação 80 tem um diâmetro externo levemente maior do que o diâmetro da superfície cilíndrica de suspensor de revestimento 39a. Quando a área de vedação 80 é forçada contra a superfície cilíndrica de suspensor de revestimento 39a, a perna inferior 58 deflete elasticamente para dentro, diminuindo, desse modo, o ângulo cônico T_b . O ângulo T_b diminui durante a instalação, e antes da instalação não é, de preferência, maior do que cerca de 2 graus.

[027] A alma 54 tem uma seção transversal geralmente frusto-cônica, sendo que sua largura diminui a partir da seção intermediária do corpo

52 para a coroa 55 da alma 54. A superfície externa da coroa 55 é perfilada para formar uma crista 57 ao longo da circunferência externa da coroa 55, nesse exemplo. Nessa realização, a superfície superior 67 e a superfície inferior 65 da alma 54 não são paralelas. Essas superfícies 65, 67 podem ter o mesmo ângulo em relação ao eixo geométrico da vedação 50, ou podem ter ângulos diferentes conforme mostrado. Em outra realização, as superfícies 65, 67 podem ser geralmente paralelas uma a outra, resultando em uma espessura uniforme próxima da trave 54. Um conjunto retentora 59 engata a crista 57 para reter o conjunto de vedação 50 na extremidade inferior do mandril 22. O conjunto retentor 59 compreende um prendedor 61 tendo um corpo alongado com um rebordo saliente para dentro 71 em sua extremidade inferior. O rebordo 71 se une à crista 57 e sustenta o conjunto de vedação 50 no mandril 22. Nesse estágio, o conjunto de vedação 50 está somente parcialmente em engate de vedação com o mandril 22, assim, um vão 31 permanece entre a superfície terminal inferior 27 do mandril 22 e a superfície superior 67 da alma 54. A extremidade superior do prendedor 61 inclui uma base 53 acunhada em um canal 25 formado na superfície radial externa do mandril 22. Um anel anular 63 limita a porção externa da base 53 para retê-la de forma deslizante dentro do canal 25. Outros retentores são viáveis.

[028] Em relação à Figura 2, o conector de amarração 20 é mostrado assentado no alojamento de cabeça de poço e em contato com o segundo suspensor de revestimento 38. O conjunto de vedação 50 fica acunhado entre a extremidade terminal inferior 27 (Fig. 4) do mandril 22 e a extremidade terminal superior 41 do segundo suspensor de revestimento 38. Nessa realização, o mandril 22 foi desacoplado da luva 32 e foi deslocado para baixo em relação à luva 32. O desacoplamento da luva 32 a partir do mandril 22 envolve o uso da luva de ativação 34 para impulsionar o anel fendido 30 em um espaço aberto na extremidade de trás da reentrância 33. A extremidade superior

da luva de ativação 34 engata uma porção perfilada na extremidade inferior do anel fendido 30 para deslizá-lo fora da ranhura de mandril 23 permitindo o deslizamento axial do mandril 22 em relação à luva 32. Alternativamente, o mandril 22 poderia ter um engate rosqueado com luva 32 o que faz com que a mesma se mova entre a porção da Figura 1 e a porção da Figura 2 por meio da rotação do mandril 22.

[029] Uma vista ampliada do conjunto de vedação 50 acunhado entre o mandril 22 e o suspensor de revestimento 38 é apresentada em uma vista em corte transversal na Figura 4. Durante o assentamento, a perna de vedação inferior 58 traspassará a porção cilíndrica do suspensor de revestimento 38a com movimento direto para baixo. A área de vedação 80 deflete elasticamente e forma um engate de vedação com a porção cilíndrica 38a. Então, nesse exemplo, o operador gira o mandril 22, que irá girar relativamente à vedação 50. A rotação faz com que o mandril 22 avance levemente para baixo relativamente à vedação 50, fazendo com que o vão 31 feche na medida em que a superfície inferior de mandril 27 entra em contato com a superfície superior 67 da alma 54. O movimento para baixo do mandril 22 também engata a área de vedação de perna superior 62 com a superfície de vedação de mandril 29c. Esse engate dobra a perna superior 56 elasticamente em direção ao eixo geométrico, formando, desse modo, uma área de tensão entre a área de vedação 62 e a superfície de vedação 29c para energizar o conjunto de vedação 50.

[030] A pressão interna atua contra a vedação 50 para aplicar uma força interna sobre as áreas de vedação 62 e 80, que reagem por meio da superfície de vedação de suspensor de revestimento 39a e da superfície de vedação de mandril 29c. A pressão interna também pode fazer com que as áreas de sustentação 66 e 84 entrem em contato com a superfície de mandril 29b e a superfície de revestimento 39a, respectivamente. Entretanto, esse contato não é necessariamente um contato de vedação, e a força de contato sob pressão é

menor do que as forças impostas pelas áreas de vedação. Se a pressão for alta o suficiente, o contato pode resultar na vedação, mas isso não é necessário. O posicionamento de forma estratégica da área de sustentação 66 sobre a superfície de vedação, em combinação com os rebaixos curvados 64, 68, fornece um meio para controlar o valor de tensão de vedação entre a área de vedação 62 e a superfície de vedação 29c quando energizando o conjunto de vedação 50. Um aumento significativo na tensão de vedação é realizável usando o meio de controle, sendo que a tensão de vedação máxima é mantida abaixo do limite de resistência dos respectivos materiais do mandril 22 e da vedação 50. Adicionalmente, o controle da tensão na área de vedação 62 também assegura outros pontos de tensão alta na vedação 50 que não excederão seus respectivos valores de resistência. As áreas de sustentação 66 e 84 apresentam enrijecimento das pernas 56, 68 contra cargas de pressão interna. Os técnicos no assunto serão capazes de compreender a formação de pernas de vedação tendo sustentações, áreas de vedação e rebaixos dimensionados de forma própria, para alcançar os resultados desejados descritos neste documento.

[031] As superfícies inferior e superior posicionadas em ângulo 67, 65 da alma 54 compreendem uma característica adicional do conjunto de vedação 50. A extremidade terminal inferior 27 correspondente do mandril 22 e a extremidade terminal superior 41 do suspensor de revestimento 38 são posicionadas em ângulo, de forma correspondente, para casar os contornos de superfícies inferior e superior. Uma força lateral exercida sobre o exterior do mandril 22 ou do suspensor de revestimento 38 é transferida ao outro membro anular via alma 54 em formato de cunha. Essa transferência de força une efetivamente os membros, resistindo, desse modo, ao movimento lateral de um membro em relação ao outro.

[032] Uma segunda realização de um conjunto de vedação é ilustrado na Figura 5. Um membro tubular 94, que pode ser similar ao mandril 22

ou ao suspensor de revestimento 38 da primeira realização ou outro membro tubular, tem um perfil de vedação 96. O perfil de vedação 96 tem uma área de vedação principal 98 que, nessa realização, é uma superfície cônica na extremidade superior do perfil de vedação 96. Nesse exemplo, uma superfície cilíndrica 100 se estende para baixo a partir da área de vedação principal 98. Uma reentrância anular 102, chamada, neste documento, de uma reentrância proximal, é formada na extremidade inferior da superfície cilíndrica 100. A reentrância proximal 102 é, de preferência, formada como uma curva contínua quando vista no corte transversal axial mostrado na Figura 5. Uma superfície cilíndrica 104 se estende para baixo a partir da reentrância proximal 102. A reentrância cilíndrica 104 é levemente maior em diâmetro interno do que a superfície cilíndrica 100. As superfícies cilíndricas 100 e 104 poderiam ser, de forma alternativa, superfícies cônicas.

[033] Um anel de vedação 106 tem uma base 108, uma extremidade distal 110, e um perfil de vedação 109 que se estende entre a base 108 e a extremidade distal 110. Nesse exemplo, a base 108 poderia ser a extremidade da extremidade distal oposta 110 do anel de vedação 106. Alternativamente, a base 108 poderia compreender uma seção intermediária entre duas extremidades distais se o anel de vedação tiver duas pernas, como o anel de vedação mostrado na primeira realização. Uma rede, como a alma 54 da primeira realização, poderia se estender lateralmente a partir da base 108. A extremidade distal 110 é mostrada acima da base 108 no exemplo da Figura 5, mas estaria localizado abaixo da base 108 se a vedação 106 for invertida. Os termos "superior" e "inferior" são usados meramente por comodidade. Os termos "proximal" e "distal" são usados para descrever características localizadas próximas ou afastadas da base 108.

[034] O anel de vedação 106 tem um perfil de vedação de anel de vedação 109 em seu diâmetro externo que engata o perfil de vedação de

membro tubular 96. Uma reentrância distal 112 tem sua borda superior separada a uma distância selecionada abaixo da extremidade distal 110, definindo uma área de vedação principal 114. A reentrância distal 112 é posicionada, de preferência, na configuração de uma curva única contínua a partir de sua borda superior para sua borda inferior. A área de vedação principal 114 engata a área de vedação principal de membro tubular 98 para formar uma vedação metal-metal principal. A porção sobreposta mostrada na Figura 5 da área de vedação principal 114 e da área de vedação principal 98 ilustra a quantidade da deflexão ou da pré-carga que é exigida do anel de vedação 106 quando o mesmo é instalado. O perfil de vedação 109 deflete para a esquerda conforme mostrado na Figura 5 quando é instalado através de uma quantidade igual às linhas sobrepostas mostradas na Figura 5. Nessa realização, a área de vedação principal da vedação 114 é levemente arredondada, mas poderia ter outros formatos.

[035] Uma reentrância proximal de vedação 116 é separada a uma distância abaixo da reentrância distal de vedação 112, resultando em uma área de sustentação anular 118 entre as mesmas. Nessa realização, a área de sustentação anular 118 é uma superfície cilíndrica, mas poderia ser afunilada. A reentrância proximal de vedação 116 tem aproximadamente a mesma configuração curvada que a reentrância distal de vedação 112 e fica localizada diretamente oposta à reentrância proximal de membro tubular 102. A reentrância proximal de vedação 116 fica localizada mais próxima à base 108 do que a reentrância distal de vedação 112.

[036] Quando o anel de vedação 106 é inicialmente instalado no membro tubular 94, opcionalmente, uma porção da área de sustentação 118 entrará em contato com uma porção da superfície cilíndrica de membro tubular 100. As linhas sobrepostas na Figura 5 ilustram que alguma deflexão pode ocorrer da área de sustentação 118 quando o anel de vedação 106 é instalado

inicialmente. Entretanto, essa deflexão, se ocorrer, não é necessariamente suficiente para formar uma vedação metal-metal, ao contrário da área de vedação principal 114. Existiria menos força compressiva de pré-carga inicialmente entre a área de sustentação 118 e a superfície cilíndrica 100 do que as áreas de vedação principais 114 e 98. Se não existir nenhum contato inicial entre a área de sustentação 118 e a superfície cilíndrica 100, quando exposto mais tarde à pressão especificada dentro do membro tubular 94, o anel de vedação 106 pode defletir adicionalmente, fazendo com que a área de sustentação 118 entre em contato com a superfície cilíndrica 100, mas a força de contato entre a área de sustentação 118 e a superfície cilíndrica 100 será menor do que as forças de contato entre as áreas de vedação principais 98 e 114.

[037] Uma superfície cilíndrica 120 se estende a partir da reentrância proximal 116 na base 108. A superfície cilíndrica 120 poderia ser cônica, alternativamente. Uma ranhura de vedação 122 opcional é formada na superfície cilíndrica 120, nesse exemplo. Uma vedação elastomérica 124 se localiza dentro da ranhura de vedação 122 e veda a superfície cilíndrica de membro tubular 104. A vedação elastomérica 124 serve como uma vedação de apoio para a vedação metal-metal formada por meio das áreas de vedação 98 e 114. As porções de contato das áreas de vedação principais 98 e 114 têm um comprimento ou uma extensão axial 126 medida ao longo de um eixo geométrico longitudinal do anel de vedação 106 e um membro tubular 94. A reentrância distal 112 tem uma extensão axial 128 que é maior do que a extensão axial 126. A área de sustentação 118 tem uma extensão axial 130 que é menor do que a extensão axial de vedação principal 126, nesse exemplo. As reentrâncias proximais 102 e 116 têm uma extensão axial 132 que é, nesse exemplo, aproximadamente a mesma da extensão axial 128 e maior do que as extensões axiais 126 e 130.

[038] Quando o anel de vedação 106 é instalado no membro tubular 94, o líquido estaria presente se fosse uma disposição de vedação de amarração conforme na primeira realização. O líquido tenderia a ficar preso na reentrância distal 112 e nas reentrâncias proximais 102 e 116 na medida em que o anel de vedação 106 e o membro tubular 94 se movem axialmente um em relação ao outro. A reentrância proximal 102 reduz a possibilidade de travamento hidráulico ocorrer conforme a vedação elastomérica 124 e as áreas de vedação metal-metal 98 e 114 deslizam para se engatarem uma na outra.

[039] As Figuras 6 e 7 ilustram outra realização alternativa de um conjunto de vedação. Referindo-se mais particularmente à Figura 7, o membro tubular 134 poderia ser tanto um mandril 22 quanto um suspensor de revestimento 38 da primeira realização ou um membro tubular para outros propósitos. O membro tubular 134 tem um perfil de vedação 136 em seu diâmetro interno que inclui uma superfície cônica 138 na extremidade superior do perfil de vedação tubular 136. Alternativamente, a superfície cônica 138 poderia ser cilíndrica. Uma reentrância distal 140 é formada no perfil de vedação 136 na borda inferior da superfície cônica 138. Conforme nas outras realizações, a reentrância distal 140 é anular e, de preferência, uma curva contínua a partir de sua borda superior para sua borda inferior. Uma reentrância proximal 142 fica localizada no perfil de vedação 136 a uma distância axial selecionada abaixo da reentrância distal 140. A reentrância proximal 142 tem aproximadamente a mesma configuração e a mesma extensão axial que a reentrância distal 140. Uma área de sustentação anular 144 fica localizada entre a reentrância distal 140 e a reentrância proximal 142. A área de sustentação 144 pode ser cilíndrica ou levemente cônica. A extensão axial da área de sustentação 144 é menor do que a das reentrâncias 140 ou 142. Uma superfície cilíndrica 146 se estende para baixo a partir da reentrância proximal 142. A superfície cilíndrica 146 poderia ser, alternativamente, levemente cônica.

[040] Referindo-se à Figura 6, o anel de vedação 148 tem uma base 150 e uma extremidade distal 152. O anel de vedação 148 tem um perfil de vedação 154 em sua superfície externa que engata o perfil de vedação 136 do membro tubular 134. Nessa realização, o perfil de vedação 154 é uma superfície lisa, livre de quaisquer reentrâncias exceto para uma ranhura de vedação opcional que contém um anel de vedação elastomérica 156. A porção de perfil de vedação 154 contendo anel de vedação elastomérica 156 pode ser cilíndrica ou levemente cônica. A porção de perfil de vedação 154 iniciando na extremidade inferior da reentrância proximal 142 para aproximadamente a extremidade distal 152 é uma superfície cônica reta quando vista no corte transversal axial mostrado na Figura 6. As linhas sobrepostas na Figura 6 ilustram que a superfície de vedação metal-metal principal existirá na superfície cônica 138. A área de sustentação 144 pode ser colocada em contato por meio de uma porção de perfil de vedação 154. Conforme nas outras realizações, a área de sustentação 144 não forma necessariamente uma vedação metal-metal.

[041] Ao mesmo tempo em que a invenção foi mostrada em algumas formas, deve ser evidente para os técnicos no assunto que a mesma não é de tal forma limitada, mas é suscetível a diversas alterações sem se desviar do escopo da invenção. Por exemplo, a perna de vedação inferior poderia ser montada para um anel de vedação tendo uma perna de vedação superior consideravelmente diferente do que aquela mostrada, e vice-versa. Além disso, na primeira realização, a perna de vedação superior é configurada para permitir a rotação entre o mandril e a perna de vedação superior antes do ajuste completo, mas esse não necessita ser o caso. Uma vedação com somente uma perna de vedação única e nenhuma ranhura ou rede também é viável, particularmente, se a vedação for formada como um rebordo em uma luva. O prendedor para a retenção do membro de vedação durante a implantação poderia ser substituído por um fixador rosqueado.

REIVINDICAÇÕES

1. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, caracterizado por compreender:

um membro tubular (94, 134) tendo um eixo geométrico longitudinal e um perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

um anel de vedação (106, 148) de metal tendo uma base proximal (108, 150) e uma extremidade distal (110, 152), sendo que o anel de vedação tem um perfil de vedação de anel de vedação (109, 154) entre a base proximal e a extremidade distal que é uma superfície cônica reta;

uma reentrância anular distal (64, 112, 140) no perfil de vedação de membro tubular (96, 136), definindo uma superfície de vedação que é engatada por uma porção distal da superfície cônica formando uma área de vedação metal-metal e contatados por uma área de sustentação (66, 84, 118, 144) da superfície cônica entre a base proximal e a porção distal; e

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) do perfil de vedação de membro tubular (96, 136) é separada axialmente da reentrância anular distal (64, 112, 140), definindo uma área de sustentação (66, 84, 118, 144) separada axialmente da área de vedação metal-metal,

sendo que a reentrância anular distal (64, 112, 140) tem um comprimento de extensão axial que excede um comprimento de extensão axial da área de vedação metal-metal medida ao longo do eixo geométrico do membro tubular (94, 134).

2. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) ter um comprimento de extensão axial, medido ao longo do eixo geométrico do membro tubular (94, 134), que excede o comprimento de extensão axial da área de vedação metal-metal.

3. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação

1, caracterizado por, quando vista em um corte transversal axial, cada uma das reentrâncias anulares formar uma curva contínua a partir de uma borda para uma borda oposta.

4. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que existe menos força compressiva entre a porção de sustentação e a área de sustentação do que na área de vedação metal-metal.

5. CONJUNTO DE VEDAÇÃO caracterizado por compreender:
um membro tubular (94, 134) tendo um eixo geométrico longitudinal e um perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

um anel de vedação (106, 148) de metal tendo uma base proximal (108, 150) e uma extremidade distal (110, 152), sendo que o anel de vedação tem um perfil de vedação de anel de vedação (109, 154) entre a base proximal e a extremidade distal que entra em contato com o perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

uma reentrância anular distal (64, 112, 140) em um dos perfis de vedação, sendo que a reentrância anular distal é separada axialmente da extremidade distal do anel de vedação (110, 152), definindo uma superfície de vedação entre a extremidade distal do anel de vedação e a reentrância anular distal que engata uma superfície de vedação do perfil de vedação de membro tubular (96, 136), sendo que as porções de contato das superfícies de vedação formam uma área de vedação metal-metal; e

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) em um dos perfis de vedação e separada axialmente da reentrância anular distal (64, 112, 140), definindo uma área de sustentação (66, 84, 118, 144) separada axialmente da área de vedação metal-metal,

sendo que a reentrância anular distal (64, 112, 140) tem um comprimento de extensão axial que excede um comprimento de extensão axial

da área de vedação metal-metal medida ao longo do eixo geométrico do membro tubular (94, 134).

em que a reentrância anular distal (64, 112, 140) é disposta no perfil de vedação de anel de vedação (109, 154);

a reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) é disposta no perfil de vedação de membro tubular (96, 136); e

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) adicional é formada no perfil de vedação de anel de vedação (109, 154) oposta à reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) no perfil de vedação de membro tubular (96, 136).

6. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, caracterizado por compreender:

um membro tubular (94, 134) tendo um eixo geométrico longitudinal e um perfil de vedação de membro tubular (96, 136) compreendendo uma área de vedação principal cônica e uma área de sustentação cilíndrica juntando-se a área de vedação principal;

um anel de vedação (106, 148) de metal tendo uma base, uma extremidade distal, e um perfil de anel de vedação entre a base e a extremidade distal que engata o perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

uma reentrância anular distal (64, 112, 140) do anel de vedação, sendo que a reentrância anular distal fica separada axialmente da extremidade distal do anel de vedação (106, 148), definindo uma superfície de vedação entre a extremidade distal do anel de vedação (106, 148) e a reentrância anular distal (64, 112, 140) que engata a área de vedação principal do perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) do anel de vedação e separada axialmente da reentrância anular distal (64, 112, 140), definindo uma área de sustentação (66, 84, 118, 144) separada axialmente da

área de vedação metal-metal para contatar área de sustentação do perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

a área de sustentação (66, 84, 118, 144) do anel de vedação estando em contato com área de sustentação do perfil de vedação de membro tubular (96, 136) quando exposta a um nível selecionado de pressão de fluido, mas a força menos compressiva existe entre as áreas de sustentação (66, 84, 118, 144) do que na área de vedação metal-metal.

7. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por compreender adicionalmente uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) adicional no perfil de vedação de membro tubular oposta à reentrância anular proximal no perfil de vedação de anel de vedação.

8. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, caracterizado por compreender:

um membro tubular (94, 134) tendo um eixo geométrico longitudinal e um perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

um anel de vedação (106, 148) de metal tendo uma base, uma extremidade distal, e um perfil de anel de vedação entre a base e a extremidade distal que engata o perfil de vedação de membro tubular (96, 136);

uma reentrância anular distal (64, 112, 140) no perfil de vedação de anel de vedação (109, 154), separada axialmente da extremidade distal do anel de vedação (106, 148), definindo uma superfície de vedação entre a extremidade distal do anel de vedação e a reentrância anular distal (64, 112, 140) que entra em contato com uma superfície de vedação do perfil de vedação de membro tubular (96, 136), sendo que as porções de contato das superfícies de vedação formam uma área de vedação metal-metal;

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) no perfil de vedação de anel de vedação (109, 154) e separada axialmente da reentrância anular distal (64, 112, 140), definindo uma área de sustentação (66, 84, 118,

144) entre as reentrâncias anulares proximal e distal, sendo que quando o anel de vedação (106, 148) fica exposto à pressão de fluido no nível selecionado, a área de sustentação (66, 84, 118, 144) entra em contato com uma porção do perfil de vedação de membro tubular (96, 136), mas exerce menos força do que as porções de contato das superfícies de vedação que formam a área de vedação metal-metal; e

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) adicional no perfil de vedação de membro tubular (96, 136) oposta à reentrância anular proximal no perfil de vedação de anel de vedação (109, 154).

9. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pela reentrância anular distal (64, 112, 140) e cada uma das reentrâncias anulares proximais (68, 102, 116, 142) terem um comprimento de extensão axial que excede um comprimento de extensão axial da área de vedação metal-metal, sendo que os comprimentos de extensão axiais são medidos ao longo do eixo geométrico do membro tubular (94, 134).

10. CONJUNTO DE VEDAÇÃO, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado por, quando vista em um corte transversal axial, cada uma das reentrâncias anulares formar uma curva contínua a partir de uma borda para uma borda oposta.

11. CONJUNTO DE VEDAÇÃO para vedar um membro tubular, caracterizado pelo fato de compreender:

um anel de vedação (106, 148) de metal tendo uma base, uma extremidade distal (110, 152) e um perfil de vedação de anel de vedação (109, 154) entre a base e a extremidade distal, que é disposta para entrar em contato com o membro tubular;

uma reentrância anular distal (64, 112, 140) do anel de vedação, sendo que a reentrância anular distal fica separada axialmente da extremidade distal do anel de vedação (106, 148), definindo uma área de vedação metal-metal

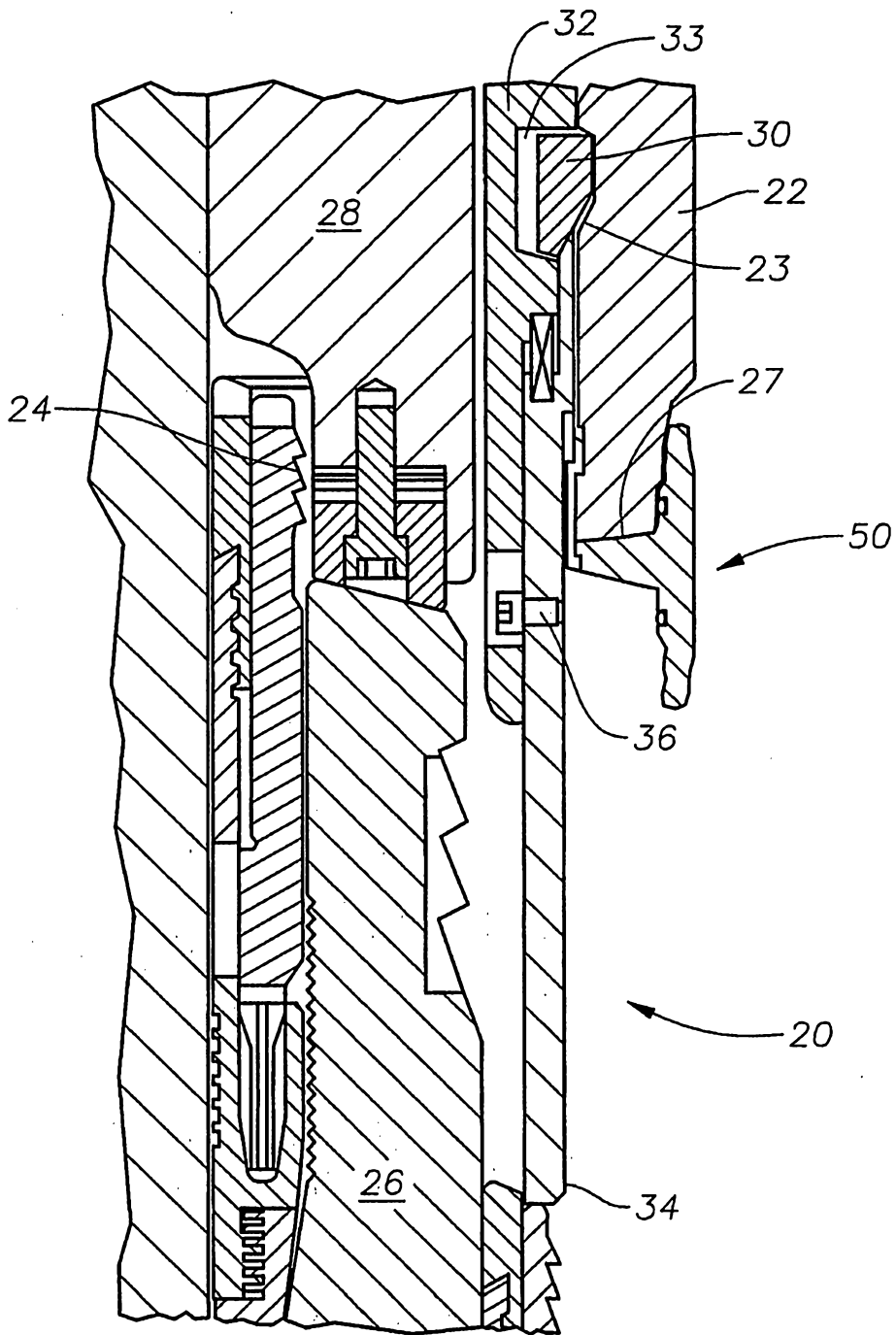
entre a extremidade distal do anel de vedação (106, 148) e a reentrância anular distal (64, 112, 140) que é disposto para engatar ao membro tubular (96, 136), o anel de vedação (106, 148) sendo configurado para proporcionar uma força de contato sob pressão na superfície de vedação metal-metal para formar uma vedação metal-metal sobre o membro tubular;

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142)) do anel de vedação e separada axialmente da reentrância anular distal (64, 112, 140), definindo uma área de sustentação (66, 84, 118, 144) separada axialmente da área de vedação metal-metal;

a área de sustentação (66, 84, 118, 144) sendo disposta para contatar o membro tubular quando exposta a um nível selecionado de pressão de fluido, mas exerce menos força compressiva que entre a superfície de vedação metal-metal e o membro tubular;

uma reentrância anular proximal (68, 102, 116, 142) do membro tubular oposta e alinhada à reentrância anular do anel de vedação; e em que

a reentrância anular distal e proximal do anel de vedação têm um comprimento de extensão axial que excede um comprimento de extensão axial da superfície de vedação metal-metal medida ao longo do eixo geométrico do conjunto de vedação.

**Fig. 1**

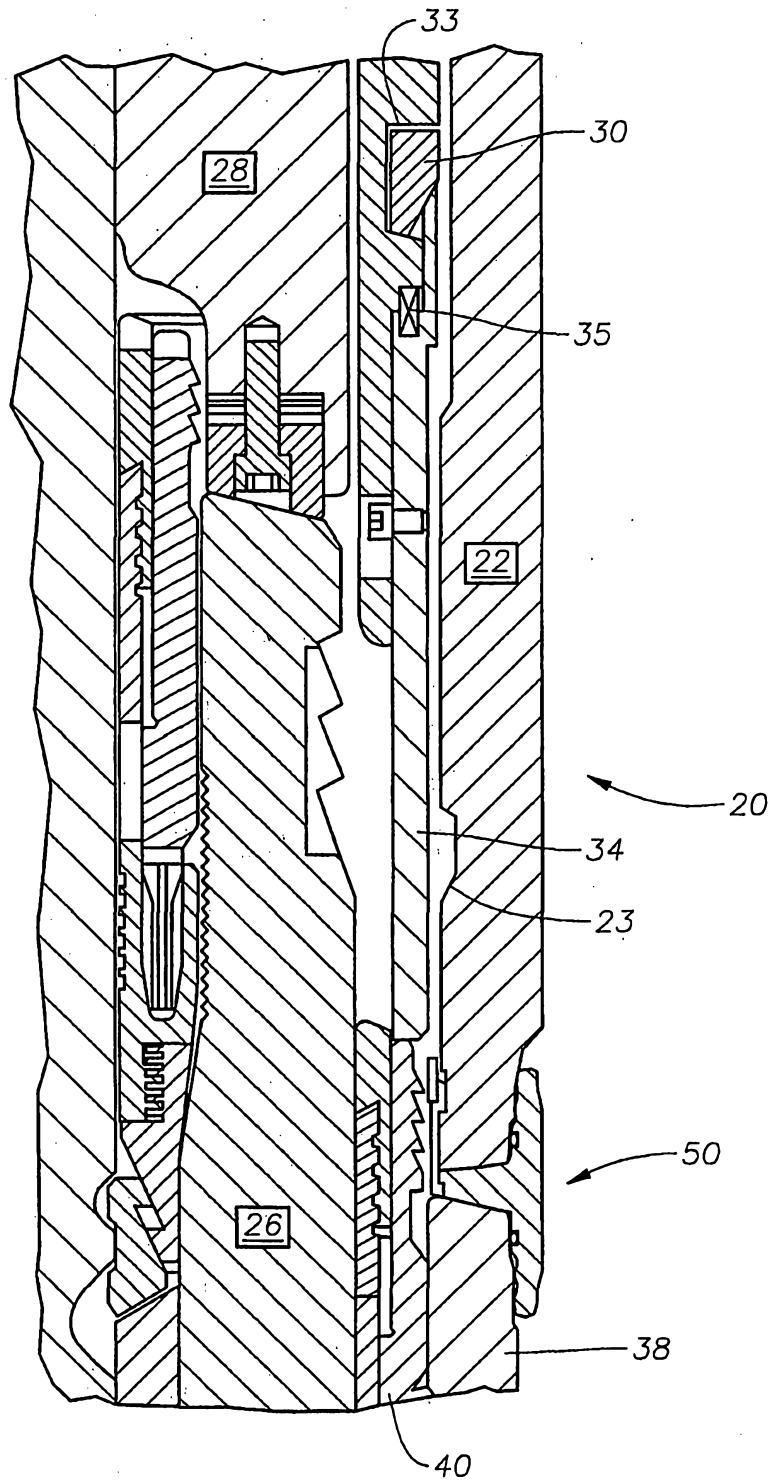
**Fig. 2**

Fig. 3

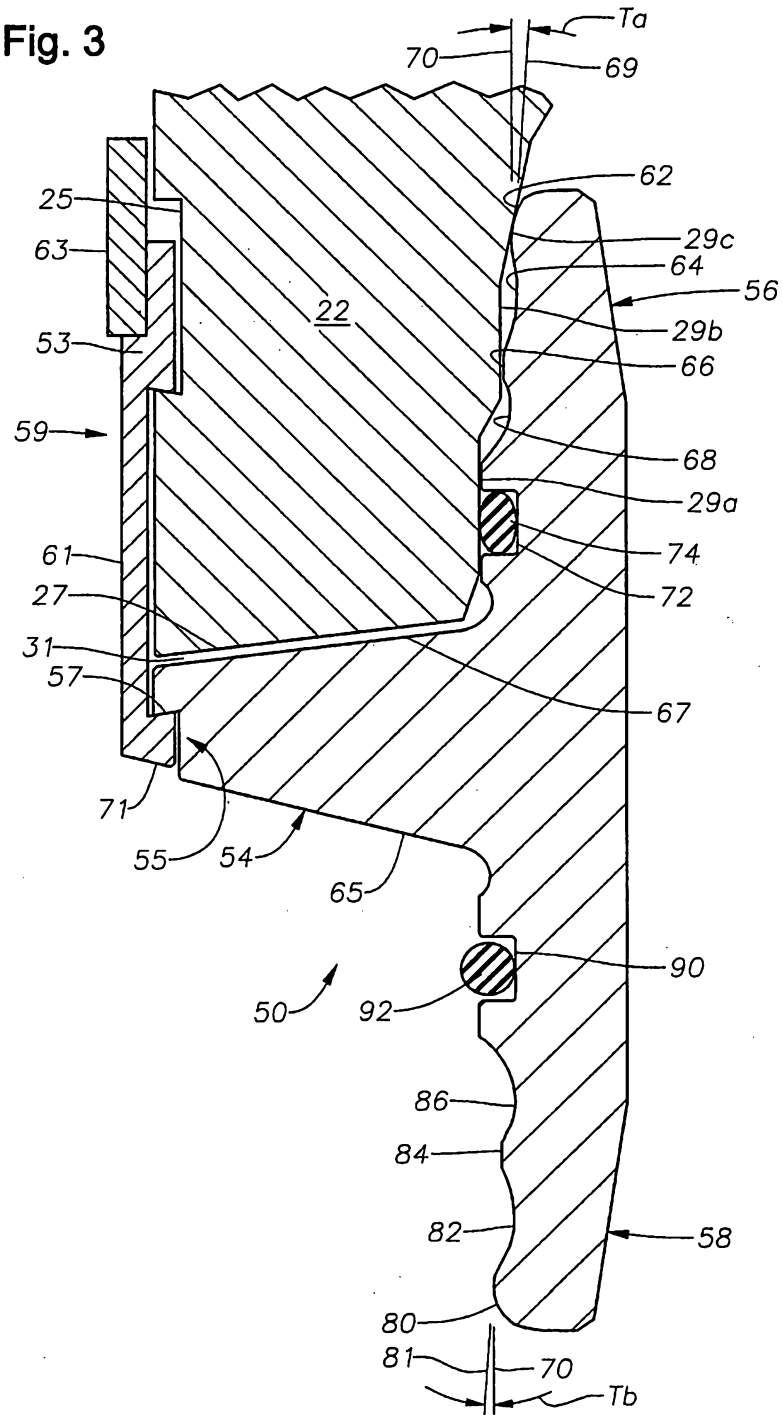


Fig. 3

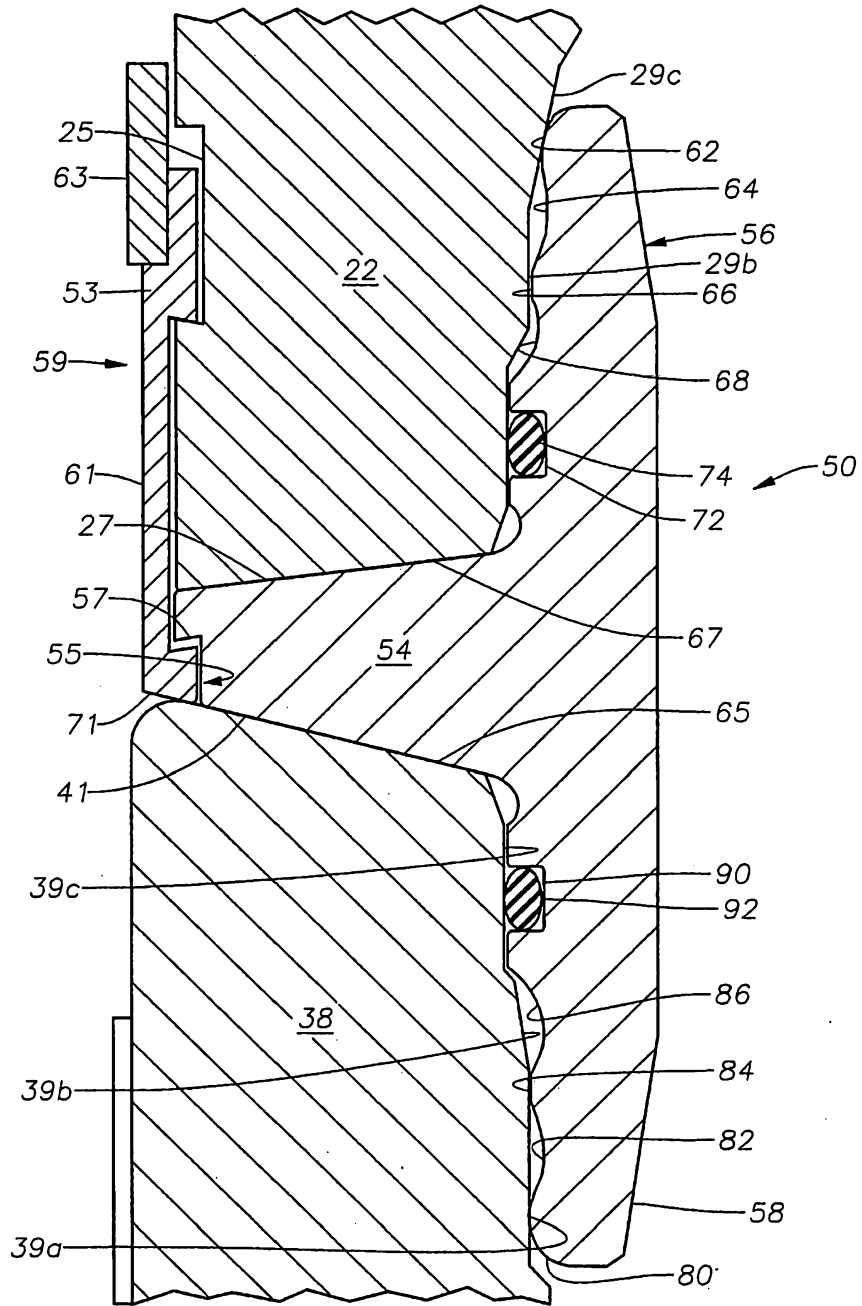
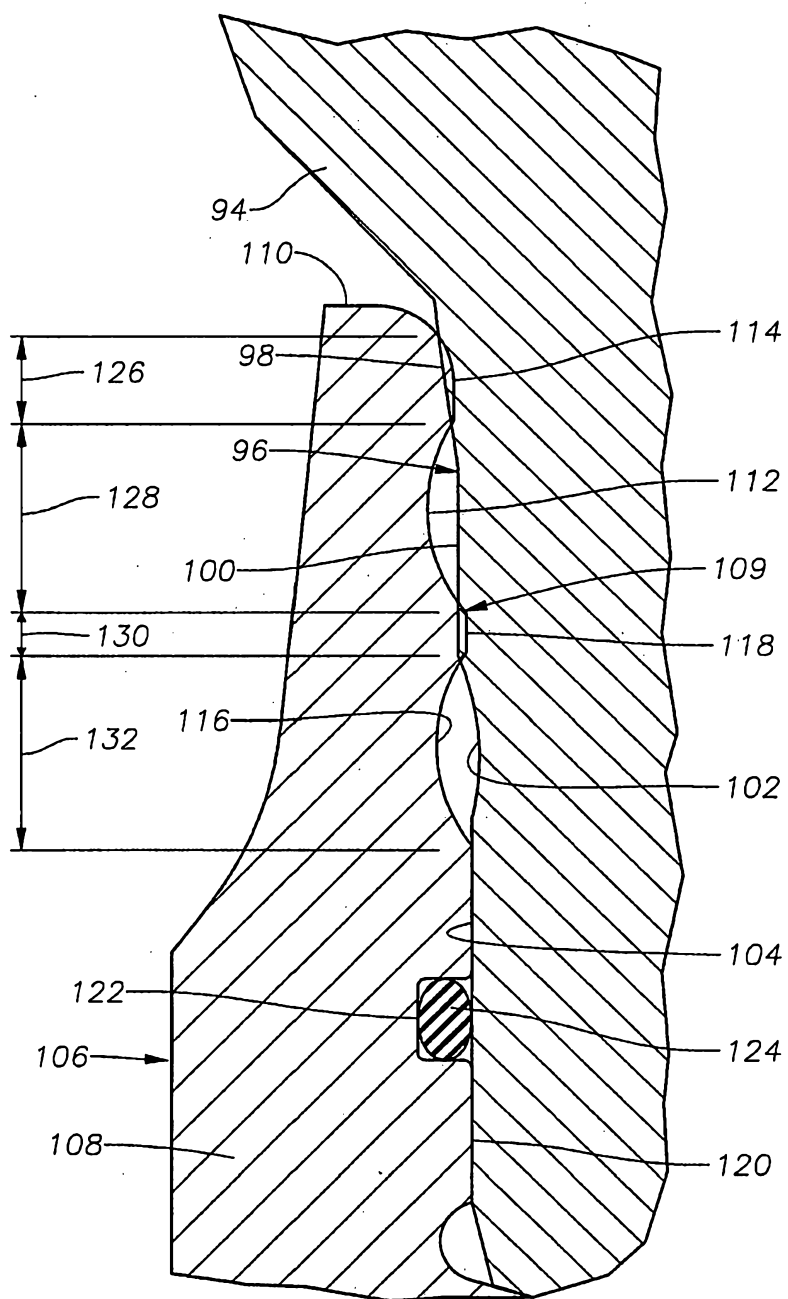


Fig. 4

**Fig. 5**

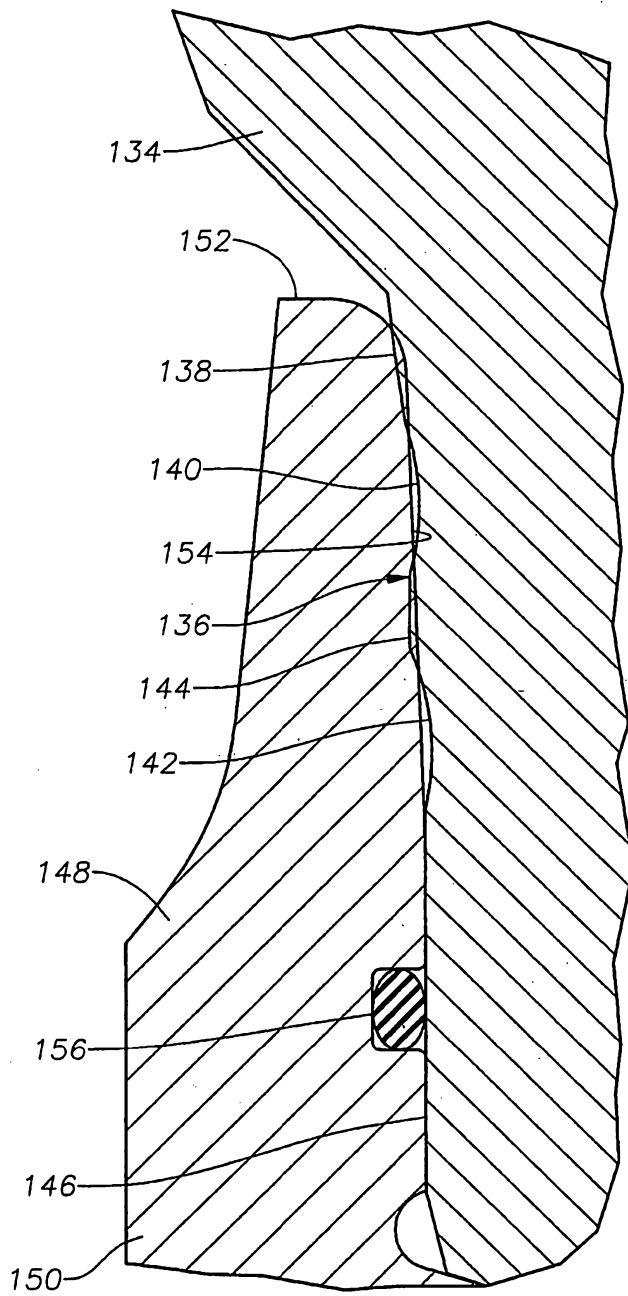


Fig. 6

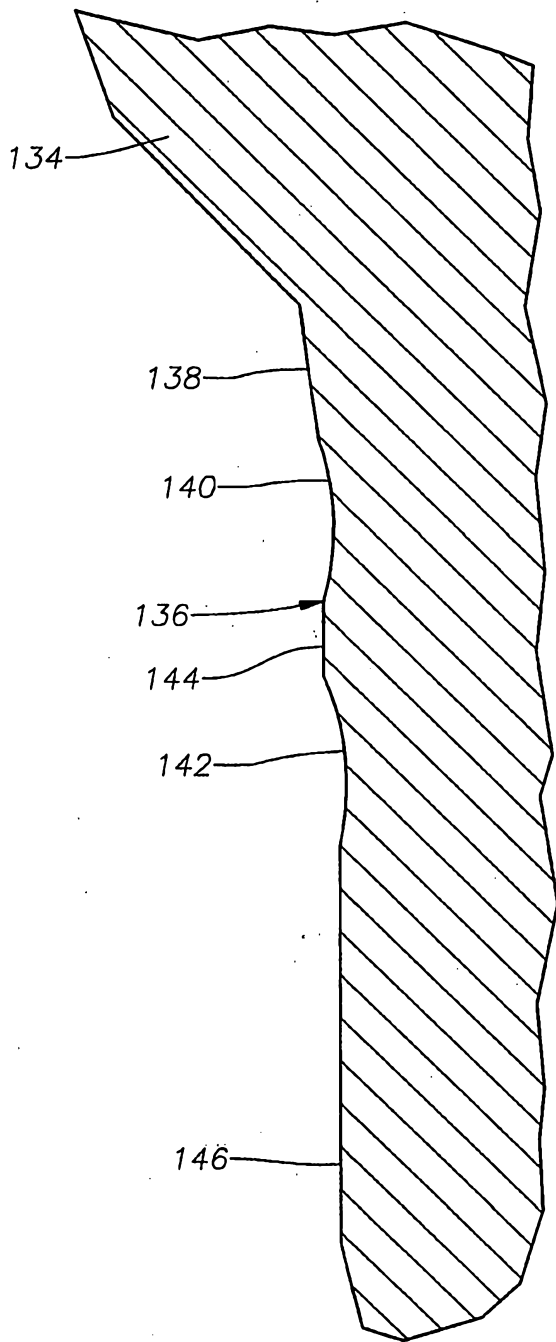


Fig. 7