



INPI
Assinado
Digitalmente

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

CARTA PATENTE Nº PI 0807873-4

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 0807873-4

(22) Data do Depósito: 28/02/2008

(43) Data da Publicação do Pedido: 04/09/2008

(51) Classificação Internacional: E21B 17/042; E21B 17/02; E21B 17/08; E21B 19/16; F16L 15/04

(30) Prioridade Unionista: US 60/892,320 de 01/03/2007

(54) Título: ANEL DE APOIO COM MEIO DE RETENÇÃO AXIAL

(73) Titular: NOETIC TECHNOLOGIES, INC.. Endereço: 4628 Eleniak Road, Edmonton, Alberta T6B 2S1, CANADÁ (CA)

(72) Inventor: MAURICE WILLIAM SLACK

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 02/10/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 02/10/2018

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

“ANEL DE APOIO COM MEIO DE RETENÇÃO AXIAL”.**Campo da invenção**

[001] A presente invenção refere-se a conexões para conjugar elementos tubulares, e em particular a anéis de apoio para aumentar a capacidade de torque das referidas conexões. Adicionalmente, a invenção refere-se a ferramentas para instalar anéis de apoio em conexões rosqueadas.

Fundamentos da invenção

[002] Tubulações usadas para perfurar e completar orifícios de perfuração em materiais terrosos são conjugadas tipicamente por meio de conexões rosqueadas. São usadas numerosas geometrias de conexões rosqueadas visando proporcionar capacidades de vedação e de suporte de carga para atender as exigências de perfuração, instalação e operação. Dentre estas geometrias, as roscas de tubulações cônicas encontram-se entre as mais simples e mais amplamente usadas.

[003] No contexto da perfuração petrolífera e da completação de poços, poços são construídos tipicamente por meio de perfuração do orifício do poço usando uma coluna tubular constituída, em grande parte, de tubulação de perfuração, depois, remoção da coluna de tubulação de perfuração e completação por meio de instalação de uma segunda coluna tubular, referida como revestimento, que, subsequentemente, é cimentada de forma permanente no lugar. As colunas tubulares são formadas conectando-se extensões de tubulação, referidas como seções de tubulação, com conexões rosqueadas. Com este método tradicional de construção de poços, os projetos de ambos, da tubulação de perfuração e da seção de revestimento, são otimizados separadamente para as diferentes exigências de desempenho das operações de perfuração e completação, respectivamente. Mais especificamente, as conexões das tubulações de perfuração precisam acomodar o torque exigido para perfurar, o que não é necessário durante a completação.

[004] Avanços recentes na tecnologia de perfuração permitiram perfurar e completar poços com uma única coluna de revestimento, eliminando a necessidade de 'deslocar' a tubulação de perfuração para dentro e para fora do orifício para o serviço da broca e criar espaço para o revestimento após a completação da perfuração. Esta alteração é motivada por potenciais economias originadas de reduções do tempo de perfuração e do dispêndio de criar e manter a coluna de perfuração, além de diversas vantagens técnicas, como um risco reduzido de desabamento do poço antes da instalação do revestimento.

[005] No entanto, o uso de revestimento para perfurar e para completar o poço modifica as exigências de desempenho da coluna de revestimento, e, mais particularmente, a capacidade de torque das conexões de revestimento, daquelas estabelecidas pelo uso no âmbito dos métodos tradicionais da construção de poços.

[006] As conexões de revestimento mais amplamente usadas são as rosqueadas de padrão industrial e conexões *buttress* conectadas (BTC) e com 8-terminais (LTC ou STC) apresentando geometrias de roscas de tubulações cônicas especificadas pelo Instituto Americano do Petróleo (API, *American Petroleum Institute*). Estas conexões apresentam limitada capacidade de torque e, portanto, não são bem adequadas para a aplicação de perfuração com revestimento, mas são facilmente obteníveis e relativamente baratas. Para compreender mais plenamente o benefício potencial desta tecnologia emergente de sistema de perfuração com revestimento (CDS, *casing drilling system*) é, portanto, desejável encontrar meios para pressionar a introdução destas conexões a padrões industriais mediante a identificação de meios para aumentar economicamente a sua capacidade de torque.

[007] Motivações semelhantes para aperfeiçoar a capacidade de vedação de conexões usando formas de roscas API levaram à invenção de dispositivos e métodos como descritos nas Patentes americanas Nos. US 4,706,997, US 4,878,285, US 5,238,748, US5,689,871 e US 4,679,831. Estas

patentes descrevem de uma maneira geral invenções em que se usa uma conexão modificada, provida com uma manga flutuante interna ou anel de vedação, para conjugar tubulações possuindo formas rosqueadas de padrão API nos seus terminais de pino. O anel de vedação é posicionado no assim-chamado espaço com seção em "J" entre as pontas de pino de uma conexão montada rosqueada e conectada. O diâmetro interno do anel de vedação é aproximadamente equiparado ao diâmetro interno da tubulação e é disposto de forma coaxial no interior da conexão em seu plano mediano de forma a conectar ambos os terminais de pino quando a conexão é montada. De acordo com os ensinamentos destas invenções, este contato ou apoio destina-se primariamente a aumentar o desempenho da vedação da conexão além daquele proporcionado pela configuração API padrão. Vários benefícios adicionais também são obtidos, tais como desempenho aperfeiçoado do fluxo e um orifício sem obstáculos. O uso de materiais resilientes em conjunto com o anel de vedação rígido ou como vedações separadas também é ensinado como um meio para promover ainda mais a vedação.

[008] Embora estas descrições do estado da técnica não tratem explicitamente da utilidade de um "anel de metal convertível" do tipo referido ou de um anel de vedação como um meio para aperfeiçoar a capacidade de torque, obtenível, de outra forma, com conexões API, a capacidade de torque aumentada é um benefício bem conhecido. Efetivamente, fabricantes das referidas conexões quantificam este parâmetro em dados de desempenho publicados, tais como os fornecidos pela Hunting Oilfield Services para um produto descrito como "o sistema de conexão convertível KC [*the KC Convertible coupling system*]".

[009] Estas implementações do estado da técnica relativamente a anéis de vedação rígidos reconhecem que a ampla variação de tolerância permitida para as geometrias de pino e caixa de conexões rosqueadas e conectadas que atendem as especificações da API permite uma faixa

correspondentemente ampla de posições axiais após a montagem, caso se pretenda atingir um nível satisfatório de interferência ou "controle dimensional" (ver Patente americana nº 5,283,748). Consequentemente, para se obter "controle dimensional" satisfatório, esta técnica anterior ensina que é preciso tomar medidas adicionais para reduzir a faixa de tolerância dos pinos e/ou caixas proporcionadas para uso com anéis de vedação e para controlar a posição da montagem. Referidas etapas incluem fabricar especificamente "caixas modificadas" para tolerâncias mais estritas do que as exigidas por especificações da API, e pré-selecionar o produto fabricado em atendimento às tolerâncias da API para se obter, de forma similar, pinos e caixas apresentando geometria mais precisamente controlada. Para assegurar a retenção e a colocação controlada do anel de vedação, ensina-se que é necessária usinagem adicional da região central da rosca da conexão para formar um alicerce para o anel de vedação. Para obter o controle dimensional da chamada posição de composição da face terminal rotativa (*mill end face*), são requeridos gabaritos adicionais ou medições.

[0010] No entanto, estas conexões da técnica anterior requerem modificação dos componentes de padrão API ou maior controle de qualidade e, portanto, reduzem substancialmente os benefícios de baixo custo e simplicidade originalmente buscados para o uso de pinos e conexões padrão existentes na indústria. Adicionalmente, conexões do estado da técnica são objetivadas, em grande parte, pelo desejo de incrementar a capacidade de contenção de pressão de conexões API e, desta forma, não são otimizados para se obter a capacidade incrementada de torque desejada para aplicações de perfuração com revestimento.

[0011] A Patente americana nº 6,899,356 revela um anel de apoio flutuante que pode ser usado para incrementar substancialmente a capacidade de as conexões tubulares transmitirem torque. Quando instalado internamente entre os terminais de pinos de tubulações de uma conexão de

tubulações rosqueada e conectada, o anel de apoio atua como um apoio fixo de conexão interna flutuante capaz de reagir a cargas axiais compressivas entre os terminais de pinos e, assim, aumentar a capacidade de torque da conexão. O anel de apoio da Patente americana nº 6,899,356 é particularmente útil como um meio para incrementar a capacidade de torque de conexões cônicas como, por exemplo, conexões *buttress* de padrão API não-modificadas e conexões redondas rosqueadas e conectadas, fabricadas de acordo com tolerâncias padrão na indústria, para atenderem exigências de aplicações de perfuração com revestimento. O anel de apoio é colocado de forma substancialmente coaxial no acoplamento da conexão, entre os terminais de pinos das tubulações conjugadas.

[0012] Para poder ser mais útil de uma maneira geral para estas aplicações, o anel de apoio flutuante deveria ser passível de rápida instalação de campo em juntas com conexões já apontadas (por exemplo, de acordo com procedimentos existentes conforme especificado de uma maneira geral pela API), sem danificar as roscas de conexão. Deve ser suficientemente ancorada ou fixada seguramente para impedir de ser deslocada ou expulsa por cargas devido a operações de manuseio e instalação, como montagem, desmontagem, ou movimento do equipamento para dentro e para fora do revestimento com terminal aberto no piso da plataforma. Adicionalmente, o anel, uma vez instalado, não deve reduzir substancialmente o diâmetro mínimo (diâmetro de passagem) no interior da conexão, ao mesmo tempo que é capaz de suportar geralmente as cargas máximas axiais e de torção que podem ser suportadas pelas pontas dos pinos para mobilizar o pleno potencial de apoio dos terminais de pinos.

[0013] Em termos gerais, o anel de apoio flutuante da Patente americana nº 6,899,356 pode ser resumido como compreendendo um corpo apresentando uma abertura central através do mesmo, uma primeira face terminal no corpo; uma face terminal oposta no corpo; uma superfície interna adjacente à abertura central e estendendo-se entre a primeira face

terminal e a face terminal oposta e uma superfície externa que se estende entre a primeira face terminal e a face terminal oposta; sendo que o corpo apresenta uma forma com seção transversal substancialmente uniforme entre a primeira face terminal; a face terminal oposta, a superfície interna e a superfície externa; e sendo que o anel é configurado de tal forma que o seu raio com relação à superfície externa varia em torno da circunferência da superfície externa de modo a formar uma pluralidade de lobos.

[0014] A pluralidade de lobos define picos e vales alternantes que se estendem radialmente em torno das circunferências da superfície interna e da superfície externa. Os picos e vales radiais estão contidos dentro de dois círculos apresentando diâmetros referidos como o diâmetro dos picos externos e o diâmetro dos vales internos. O diâmetro dos picos externos é, de preferência, maior do que o diâmetro da conexão em que se pretende instalar o anel, de forma que quando instalado em uma conexão, os picos se acoplam contra a superfície interna da conexão com força radial suficiente para reter por fricção o anel em seu lugar e, coincidentemente, deformar amplamente de forma elástica o anel para deslocar os vales radialmente para fora e os picos radialmente para dentro, de modo a forçar o anel a uma configuração geralmente circular no interior da conexão. De preferência, a circunferência da superfície externa é selecionada de forma a ser substancialmente igual à circunferência interna da conexão na qual se pretende instalar o anel de apoio.

[0015] O anel ajusta-se no espaço em "J" entre os terminais de pinos na conexão de tal forma que a superfície interna do anel permaneça aberta para o orifício da coluna de tubulação conectado. Em uma modalidade, a circunferência da superfície interna é menor do que a circunferência interna dos pinos e maior do que a folga de passagem especificada ou, de outra forma, requerida para a coluna de tubulação em que se pretende usar o anel.

[0016] A primeira face terminal e a face terminal oposta formam apoios de torque contra os quais os terminais de pinos de extensões de tubulações podem apoiar-se, mediante aplicação de torque suficiente através da conexão quando as extensões de tubulações são montadas nas caixas de uma conexão. Quando os terminais de pinos das extensões de tubulação na conexão são torcidos contra as faces terminais do anel, as forças causam uma resposta friccional sobre as faces do anel e nas roscas, de modo a reagir o torque adicional e prevenir a penetração excessiva de qualquer um dos pinos na conexão. Em uma modalidade, as faces terminais são substancialmente planas e/ou lisas, para facilitar o uso como apoios de torque.

[0017] De preferência, o anel tem um comprimento entre a primeira face terminal e a face terminal oposta suficiente para permitir que cada um dos pinos se apóie contra o anel, quando eles são rosqueados na conexão. De preferência, o comprimento é selecionado de modo a impedir a penetração excessiva dos pinos em suas respectivas caixas da conexão e para manter a posição de montagem dos pinos dentro da faixa de posições de aperto (*power-tight*) como especificado pela API.

[0018] É cada vez mais comum que colunas de perfuração, colunas de revestimento, e colunas de produção sejam montadas usando uma ferramenta impulsora da tubulação montada em um impulsor de topo [*top drive*] rotativo. Ferramentas impulsoras de tubulações, das quais se conhece vários tipos, incorporam meios para conectar de forma liberável à alma ou a superfície externa de uma tubulação com intensidade suficiente para transferir o peso de uma seção de tubulação (ou uma coluna de tubulação) para o impulsor de topo, e transferir torque do impulsor de topo para uma seção de tubulação suportada de forma a conectá-la ou desconectá-la de uma coluna de tubulação. Os mecanismos específicos usados para conectar a tubulação variam de um tipo de ferramenta para o seguinte, porém eles incorporam, comumente, alguns tipos de patas ou mandíbulas que podem ser movidas radialmente para fora em conexão por

preensão com a alma de uma tubulação (isto é, preensão interna), ou radialmente para dentro em conexão por preensão com a superfície externa de uma tubulação (isto é, preensão externa).

[0019] Para montar uma coluna tubular usando uma ferramenta impulsional de tubulação por aprisionamento interno, a ferramenta impulsional de tubulações é "introduzida [*stabbed*]" no terminal de caixa de uma nova seção de tubulação que se pretende adicionar à coluna. A ferramenta impulsional de tubulação é atuada de forma a engatar e aprisionar as paredes da nova seção de tubulação como descrito acima, e então o impulsor de topo eleva a nova seção de tubulação em posição acima do terminal superior (caixa) da seção de tubulação mais ao alto na coluna tubular a ser adicionada. Em seguida, o impulsor de topo abaixa a nova seção de tubulação de tal forma que seu terminal inferior (pino) penetre no terminal de caixa da seção de tubulação mais ao alto na coluna. Por fim, o impulsor de topo é girado para atarraxar o terminal de pino da nova seção de tubulação na conexão, completando com isto a operação de adição da nova seção de tubulação à coluna.

[0020] Durante operações de desmontagem, este procedimento é substancialmente invertido. O impulsor de topo desce a ferramenta impulsional de tubulações em conexão com o terminal de caixa da seção mais ao alto de tubulação em uma coluna de tubulação existente. A ferramenta impulsional de tubulações é então atuada de forma a conectar por preensão a seção de tubulação superior. Em seguida, com a porção inferior da coluna sendo impedida de girar por outros meios, o impulsor de topo é girado para desenroscar a seção de tubulação superior do restante da coluna. A seção de tubulação removida é então desconectada da ferramenta impulsional de tubulações e movida para um local de armazenamento.

[0021] Quando o terminal de caixa de uma seção de tubulação que está sendo adicionada ou removida de uma coluna de tubulação é ajustada com

um anel de apoio flutuante de acordo com a Patente americana 6,899,356, pode haver um risco de o anel de apoio deslocar-se quando a ferramenta impulsadora de tubulação for desconectada. Este risco surge, no caso de uma ferramenta de aprisionamento interno, da possibilidade de o anel de apoio ser esmagado pelas mandíbulas, patas, ou outro meio de aprisionamento de tubulação da ferramenta, ou, no caso de uma ferramenta de impulsamento de tubulação por preensão externa, da possibilidade de o anel de apoio ser esmagado pelo pino-guia que é usado tipicamente para conectar de forma vedante o interior da tubulação com elementos de vedação. Independentemente do tipo de ferramentas ou equipamento usado para montar ou desmontar uma coluna de tubulação, também há a possibilidade de que um anel de apoio venha a deslocar-se da conexão do terminal de caixa quando se opera quaisquer ferramentas ou equipamento para dentro ou para fora da coluna de tubulação, ou se o anel de apoio aderir ao terminal de pino da seção de tubulação acima do mesmo. Esta última condição poderia ocorrer devido a um ou mais fatores, incluindo ligação metálica ou adesiva (talvez induzida por compressão e/ou torque durante a montagem da junta), e por acúmulo de materiais estranhos na interface entre o anel de apoio e o terminal de pino da tubulação.

[0022] Se um anel de apoio for deslocado ou perdido de uma conexão de tubulações, devido a uma das causas precedentes ou a qualquer outra causa, o anel terá que ser reposicionado ou substituído - presumindo-se, evidentemente, que a perda ou o deslocamento do anel de apoio seja observada antes que outra seção de tubulação seja rosqueada na conexão. Se o deslocamento ou a perda do anel de apoio não for percebida, haverá uma redução correspondente da capacidade de torque da conexão. Por estas razões, há uma necessidade de um anel de apoio do mesmo tipo geral como revelado na Patente americana nº 6,899,356, mas que ofereça resistência incrementada ao deslocamento de uma conexão de tubulações, que seja acima ou superior à resistência proporcionada pelas

forças radiais exercidas pelo anel de apoio contra a superfície interna da conexão devido à deformação elástica do anel durante a instalação. A presente invenção refere-se a esta necessidade.

Breve descrição da invenção

[0023] Em um primeiro aspecto, a presente invenção é um anel de apoio para uso em associação com uma conexão rosqueada entre dois membros tubulares, incorporando meios de retenção axial para impedir ou restringir deslocamento do anel de apoio da conexão. Em um segundo aspecto, a presente invenção é uma ferramenta de instalação do anel de apoio para instalar o anel de apoio em uma conexão rosqueada.

[0024] Em uma primeira modalidade do anel de apoio da presente invenção, o meio de retenção axial é proporcionado em forma de um ou mais elementos que se conectam à rosca dispostos sobre o perímetro externo do anel de apoio e adaptados para conexão rosqueada com as roscas cônicas internas existentes em uma conexão de tubulações convencional. Embora um anel de apoio flutuante da técnica anterior seja empurrado ou pressionado para o interior da conexão e mantido ali por forças radiais induzidas por deformação elástica, o anel de apoio da primeira modalidade da presente invenção é instalado, seja por meio de aplicação de carga ou torque axial, no interior da conexão de tal forma que seu elemento ou elementos que se conecta(m) à rosca venham a acoplar as roscas internas do terminal de campo (*field end*) da conexão, de tal forma que o anel de apoio resista a um deslocamento da conexão no caso de se aplicar inadvertidamente um esforço axial ou de alavanca sobre o anel.

[0025] Como no caso do anel de apoio flutuante da Patente americana nº 6,899,356, o anel de apoio da presente invenção pode ser lobado, sendo que neste caso desenvolver-se-ão forças de contato radiais significativas entre o anel e a conexão devido a esforços elásticos induzidos no anel durante a instalação. Pessoas com prática ordinária na arte perceberão que é possível prever facilmente meios e métodos para instalar uma modalidade lobada da

presente invenção no terminal de caixa de uma conexão tubular, sem restringir o escopo da invenção. Para proporcionar um exemplo não-limitante de um método de instalação adequado, um anel de apoio lobado pode ser prensado sobre um mandril de forma a deformar-se elasticamente a uma forma substancialmente circular antes da inserção na conexão, ao que o mandril, com anel de apoio conectado em seu lugar, pode ser inserido na conexão sem que ocorra contato radial substancial entre o anel e as superfícies internas da conexão durante o processo de instalação. A retirada do mandril aliviará parcialmente as forças elásticas induzidas no anel, de tal forma que os meios de retenção radial do anel serão impressos radialmente para fora para acoplamento com as roscas da conexão.

[0026] Em um método de instalação alternativo, proporcionam-se meios para prensão de um anel de apoio lobado da presente invenção de tal forma que ele possa ser girado no terminal de caixa da conexão, sendo que os meios de retenção axial do anel se acoplam helicoidalmente nas roscas internas afuniladas da conexão, e com aplicação de torque suficiente no anel de apoio para superar forças de atrito que se desenvolvem entre o anel e a conexão à medida que o anel avança cada vez mais na estrutura de rosca cônica.

[0027] Independentemente do método de instalação usado, o anel de apoio desfruta dos benefícios de forças radiais induzidas elasticamente que se desenvolvem quando da retração da ferramenta de instalação, e estas forças radiais incrementam efetivamente a segurança com que os elementos que se conectam à rosca são retidos nas roscas da conexão.

[0028] O elemento ou elementos que se conecta(m) à rosca do anel de apoio pode(m) apresentar qualquer uma de várias formas. Por exemplo, a extensão da circunferência do elemento que se conecta à rosca pode variar. O elemento que se conecta à rosca poderia ser um único fio de rosca helicoidal de 360 graus, ou poderia ter a forma de múltiplas projeções intermitentes dispostas em um caminho helicoidal em torno do anel de apoio. O perfil de rosca do elemento que se conecta à rosca também pode apresentar diferentes

formas, limitadas apenas pela exigência prática de obedecer a um projeto que acople efetivamente na rosca da caixa da conexão. A forma da rosca também não é limitada a uma rosca padrão de perfil completo, e pode apresentar um perfil personalizado modificado para otimizar a faixa elástica e a rigidez do aro, ou para facilitar diversos métodos e ferramentas de instalação.

[0029] Em uma modalidade alternativa do anel de apoio da presente invenção proporciona-se retenção axial incrementada em forma de um ajuste por interferência induzido plasticamente ou um ajuste por intertravamento entre o anel de apoio e a superfície interna da conexão. Um ajuste por interferência, como o termo é usado nesta descrição de patente (e como é geralmente compreendido na arte), é um ajuste entre dois componentes interno e externo geralmente montados cilindricamente ou coaxialmente em que a circunferência da parte interna (isto é, o anel de apoio, no presente contexto) tende a ser confinada pela parte externa (isto é, a conexão, no presente contexto), resultando em um estado de esforço por contato compressivo residual que atua entre as partes combinadas. Um ajuste por intertravamento deve ser compreendido como uma relação geométrica entre a superfície externa da parte interna (anel) e a superfície interna da parte exterior (conexão) com o que movimento axial que tende a remover o anel tende a induzir ou aumentar a interferência entre as partes (inibindo com isto a separação das partes).

[0030] No presente caso, um ajuste por interferência ou intertravamento pode ser realizado usando-se um anel de apoio configurado de forma a permitir a pronta inserção em uma conexão sem deformação ou rotação do anel, e, então, aplicando-se forças suficientes, aplicadas radialmente para fora sobre o anel de apoio para deformar plasticamente o anel de apoio de modo a efetuar um ajuste por interferência ou por intertravamento com relação à conexão, sendo que o referido ajuste por interferência ou intertravamento restringe o movimento axial do anel de apoio no interior da conexão. As forças radiais para induzir deformação plástica

podem ser aplicadas uniformemente ou intermitentemente em torno da circunferência do anel. A deformação plástica induzida pode ser localizada ou global, e poderia ser em forma de deformação local de características da superfície externa, como costelas ou asperezas rugosas proporcionadas no anel.

[0031] De acordo com esta modalidade particular da invenção, o anel de apoio pode incorporar geometrias específicas e/ou projetos envolvendo propriedades dos materiais que facilitam ação plástica geral ou localizada do anel de apoio em resposta a forças que atuam radialmente para fora contra o anel de apoio e forças correlativas induzidas a atuar entre o anel e a conexão.

[0032] Em um aspecto adicional, a presente invenção é uma ferramenta para aplicar forças radiais centrífugas contra um anel de apoio e que são suficientes para efetuar um ajuste por interferência ou intertravamento com as superfícies internas de uma conexão de tubulações.

[0033] Em modalidades alternativas, o anel de apoio da presente invenção pode ser de configuração não-lobada (isto é, substancialmente circular), como será explicado mais detalhadamente abaixo, nesta descrição.

Breve descrição dos desenhos

[0034] Modalidades da invenção serão descritas agora com referência às figuras anexas, em que referências numéricas iguais indicam partes idênticas, e em que:

[0035] A FIG. 1 é uma vista em perspectiva de anel de apoio lobado de acordo com uma primeira modalidade da presente invenção.

[0036] A FIG. 2 é uma vista plana de topo do anel de apoio da FIG. 1.

[0037] A FIG. 3 é uma vista seccionada ao longo da linha III--III da FIG. 2.

[0038] A FIG. 4 é uma vista seccionada parcial através de uma conexão tubular montada usando um anel de apoio de acordo com a presente invenção.

[0039] A FIG. 5 é uma vista plana de topo de uma configuração alternativa de anel de apoio, apresentando três lobos (amplitudes mostradas de forma exagerada) e mostrados antes da instalação.

[0040] A FIG. 6 é uma vista seccionada transversa através de uma conexão, apresentando instalado na mesma, um anel de apoio como na FIG. 5.

[0041] A FIG. 7 é uma vista seccionada ampliada através de uma conexão tubular, paralela ao eixo, e apresentando, instalado na mesma, um anel de apoio como na FIG. 3.

[0042] A FIG. 8 é uma vista seccionada ampliada através de uma conexão tubular, paralela ao eixo, e apresentando, instalado na mesma, um anel de apoio de acordo com uma modalidade da presente invenção incorporando uma forma de rosca de perfil baixo, baixo ângulo de flanco de punção.

[0043] A FIG. 9 é uma vista seccionada ampliada através de uma conexão tubular, paralela ao eixo, e apresentando, instalado na mesma, um anel de apoio de acordo com uma modalidade da presente invenção incorporando uma forma de rosca de perfil baixo, baixo ângulo de flanco de punção.

[0044] A FIG. 10 é uma vista seccionada ampliada através de uma conexão tubular, paralela ao eixo, e apresentando, instalado na mesma, um anel de apoio de acordo com uma modalidade da presente invenção incorporando um design de lobo zero (*zero lobe*).

[0045] A FIG. 11 é uma vista seccionada parcial, paralela ao eixo, através de uma ferramenta de instalação do anel de apoio incorporando um mecanismo de conexão por preensão ativada por torque.

[0046] A FIG. 12 é uma vista seccionada parcial, perpendicular ao eixo da conexão, através da ferramenta de instalação do anel de apoio da FIG. 11.

[0047] A FIG. 13 é uma vista seccionada parcial, paralela ao eixo da conexão, através de uma ferramenta de instalação do anel de apoio incorporando uma superfície de preensão frustocônica.

[0048] A FIG. 14 é uma vista seccionada parcial, paralela ao eixo da conexão, através de uma ferramenta de instalação do anel de apoio incorporando um mecanismo de preensão lobado.

[0049] A FIG. 15 é uma vista seccionada parcial, perpendicular ao eixo da conexão, através de da ferramenta de instalação do anel de apoio da FIG. 14.

[0050] A FIG. 16 é uma vista em perspectiva de um anel de apoio de acordo com uma modalidade da presente invenção incorporando um mecanismo de retenção de carga radial residual.

[0051] A FIG. 17 é uma vista seccionada do anel de apoio da FIG. 16, disposto em uma conexão com rosca interna cônica, mostrado antes da deformação plástica pela aplicação de força radial centrífuga.

[0052] A FIG. 18 é uma vista seccionada de anel de apoio da FIG. 16, disposto em uma conexão com rosca interna cônica, mostrado após a deformação plástica via aplicação de força radial centrífuga.

[0053] A FIG. 19 é uma vista seccionada parcial, perpendicular ao eixo da conexão, através de uma ferramenta de instalação do anel de apoio incorporando um mecanismo para aplicar forças radialmente centrífugas contra um anel de apoio.

Descrição detalhada de modalidades preferidas

Conceitos gerais

[0054] De acordo com a presente invenção, proporciona-se um anel de apoio para colocação em uma conexão rosqueada e conectada, como uma conexão API padrão, conjugando duas extensões ou seções de tubulações.

Anel de apoio com elemento de rosca

[0055] De acordo com uma modalidade preferida da presente invenção, como mostrado na FIG. 1, o anel de apoio 10 apresenta uma face terminal

rotativa (*mill end face*) 11 e uma face terminal de campo (*field end face*) 12, com uma superfície interna 13 que se estende entre a face terminal rotativa e a face terminal de campo. A face externa 14 do anel 10 apresenta face terminal rotativa 15 e elemento de rosca 17 na face terminal de campo 16. O anel 10 como mostrado na FIG. 1 apresenta uma forma geralmente lobada; na modalidade mostrada na FIG. 1, o anel 10 possui quatro lobos 20, com quatro vales de lobos 21 e quatro picos de lobos 22. Embora se considere que o anel de apoio da presente invenção pode apresentar dois ou mais lobos (ou zero lobos) se desejado, o anel de apoio é formado, de preferência, por uma pluralidade de lobos projetados para proporcionar uma rigidez do aro efetiva conforme requerido pela aplicação e o diâmetro da conexão em que o anel será usado. Um lobo é definido por picos que se estendem radialmente, com vales dispostos entre os mesmos, de tal forma que o raio varie em torno da circunferência do anel.

[0056] Referindo agora à FIG. 2, os lobos 20 do anel 10 são mostrados geralmente como de configuração uniforme e distribuídos uniformemente em torno da circunferência do anel. No entanto, deve-se compreender que os lobos podem ser espaçados conforme desejado, e que, na modalidade preferida, o espaçamento entre lobos é variado para obter a rigidez do aro requerida pela aplicação e para acomodar variações no processo de fabricação.

[0057] Fazendo referência agora à FIG. 3, o anel 10 é mostrado como apresentando seção transversal substancialmente uniforme 18 em torno de sua circunferência. Como se pode perceber na FIG. 2, lobos 20 são formados variando-se o raio das superfícies interna e externa do anel, sendo que, tipicamente, o ponto central geométrico dos lobos é deslocado do ponto central do anel 23. De forma similar, os anéis de apoio lobados também podem ser formados a frio com o deslocamento radial interno aplicado através de moldes formando picos nos locais de molde.

[0058] Fazendo referência agora à FIG. 2, lobos 20 no anel de apoio 10 podem ser formados usando-se numerosos métodos de fabricação.

Verificou-se que anéis de apoio lobados podem ser formados a frio, por meio de aplicação de cargas radiais suficientes para deformar permanentemente anéis que originalmente eram circulares. É possível usar armação para assegurar deslocamento radial substancialmente uniforme em todos os vales 21 relativamente ao ponto central do anel 23.

[0059] A FIG. 4 mostra uma vista em seção parcial de uma conexão tubular 40, com uma conexão com rosca interna cônica 30 apresentando um anel de apoio 10 instalado no mesmo de acordo com a presente invenção. O anel 10 deve ser instalado, de preferência, de modo a encontrar-se centrado longitudinalmente no interior da conexão 30. A conexão 30 apresenta superfície externa 31 e superfície rosqueada interna 32 que, neste caso, é mostrada como uma rosca *buttress* API que se afunila gradualmente em acoplamento compatível com o elemento de rosca 17 do anel 10. No entanto, deve-se compreender que a forma rosqueada não é limitada a *buttress* API; em modalidades preferidas, a geometria do anel é personalizada para cada forma de rosca específica de modo a proporcionar a máxima capacidade de torque incremental.

[0060] Cada um dos dois conjuntos de roscas cônicas fêmeas da conexão 30 é referido comumente como a caixa. No processo de montagem de uma coluna de tubulação, as faces terminais de pino (isto é, terminais rosqueados tipo macho) 34' e 34" de duas juntas de tubulação 33' e 33" são rosqueadas em caixas 35' e 35", respectivamente, da conexão 30.

[0061] Fazendo referência ainda à FIG. 4, de acordo com a prática típica na indústria, uma das caixas de conexão é selecionada arbitrariamente para a primeira montagem. Uma face terminal de pino 34' de uma junta tubular -- cuja referida face terminal de pino é então referida como o pino da face terminal rotativa -- é rosqueada na caixa 35' selecionada da conexão 30. A caixa 35' conjugada ao pino da face terminal rotativa 34' é referida como a caixa da face terminal rotativa, e a conexão 36' é referida como a conexão da face terminal rotativa. Como o nome

sugere, a montagem da face terminal rotativa é completada comumente na mesa rotativa [*pipe mill*], e as tubulações assim preparadas são transportadas para eventual montagem no campo em uma coluna para o poço. A segunda montagem requerida para montagem no campo (a assim-chamada montagem de campo) conjuga a face terminal rosqueada de tipo macho aberta 34" (denominada pino da face terminal de campo) com a caixa aberta 35" em uma conexão (denominada caixa da face terminal de campo). Esta conexão é denominada conexão da face terminal de campo 36".

[0062] Referindo ainda à FIG. 4, quando o anel 10 é colocado no centro de uma conexão montada, as faces terminais 11 e 12 atuam como apoios ou superfícies de batente, contra as quais a face terminal 37' de pino da face terminal rotativa 34' e a face terminal 37" de pino da face terminal de campo 34" podem apoiar-se após aplicação de torque suficientemente aplicado para completar a montagem de campo ou, subsequentemente, durante operações que usam a coluna no poço para perfurar ou completar adicionalmente o poço ou realizar outras operações. Assim, o anel de apoio transmite carga entre as faces terminais de pinos 34' e 34". A carga de contato assim criada sobre as faces terminais de pino, e reagida nas roscas, resulta numa capacidade friccional incrementada capaz de resistir à rotação, e é amplamente responsável por incrementar a capacidade de torque da maneira bem conhecida nas assim-chamadas conexões de apoio. Simultaneamente, se a carga de apoio for suficiente para causar contato conformável entre as faces terminais de pino 37' e 37" com as faces de contato 11 e 12 do anel de apoio 10, formam-se vedações de apoio. Na modalidade preferida, as faces terminais 11 e 12 são alisadas para aumentar as capacidades de vedação entre o anel e as faces terminais de pino.

[0063] Referindo ainda à FIG. 4, o anel de apoio 10 pode ser instalado na conexão 30 a qualquer momento antes de puncionar a face terminal de campo no piso da plataforma, incluindo imediatamente antes da montagem da face terminal rotativa. No entanto, o anel 10 é instalado, de preferência, na

conexão após a formação da conexão da face terminal rotativa 36', e antes da montagem da conexão da face terminal de campo 36" sobre o piso da plataforma. Esta é a prática operacional existente menos intrusiva, e permite selecionar o comprimento do anel (isto é, a distância longitudinal entre as faces terminais 11 e 12) de forma a acomodar variações na posição de montagem da face terminal rotativa a partir da posição de aperto (*power-tight*) especificada pela API.

[0064] Em determinadas aplicações, é desejável selecionar o comprimento do anel para controlar a posição do apoio para montagem da face terminal de campo. A posição do apoio é determinada pela posição de montagem da face terminal rotativa e o comprimento do anel. Em conexões cônicas, a interferência radial imposta entre o pino e a caixa é uma função crescente da posição de montagem além do que pode ser obtido com aperto à mão, o que, por sua vez, determina o esforço de contato interfacial nas roscas que é requerido para efetuar uma vedação da rosca e, particularmente em conexões de 8 voltas, para controlar a resistência da junta. Embora a capacidade de vedação e a resistência possam variar com o esforço do contato, também varia a probabilidade e a severidade potencial de travamento e dano à rosca, que são prejudiciais para a vedação da rosca, a capacidade de carga, e a vida reutilizável. Dependendo da aplicação é possível empregar maior precisão no controle da interferência induzida pela montagem como um meio para otimizar ainda mais a capacidade de vedação e de carga contra risco de travamento e dano e à rosca. É possível usar o controle da posição do apoio da face terminal de campo para proporcionar um estado de interferência mais satisfatório e que pode ser realizado como discutido a seguir.

[0065] Referindo ainda à FIG. 4, uma variação da posição de aperto (*power-tight*) do pino na conexão é referida como um impasse (*stand-off*) de aperto (*power-tight*), e é a distância axial da posição de montagem do pino da face terminal rotativa 34' para o plano de aperto (*power-tight*) na

conexão como especificado pela API. O impasse de aperto (*power-tight stand-off*) na face terminal rotativa pode ser determinado de várias maneiras, mas é obtido, de preferência, por meio de medição, como por meio do uso de um paquímetro, da distância da face terminal 37' de pino da face terminal rotativa 34' até a face 38 da caixa da face terminal de campo existente na conexão 35" e subtraindo metade do comprimento da conexão e a distância especificada entre o centro da conexão e a face terminal nominal do plano de aperto (*power-tight*). (Ver API Standard 5B, "Specifications for Threading, Gauging and Thread Inspection of Casing, Tubing and Line Pipe Threads" [Especificações para rosqueamento, calibragem e inspeção de roscas de tubulações de revestimento, tubulação e linhas de tubulações]). O impasse de aperto (*power-tight stand-off*) da face terminal rotativa determinado desta maneira pode ser usado para selecionar o comprimento do anel antes da instalação, de modo que o impasse de aperto possa ser compensado, e a face terminal de campo 12 do anel 10 instalado pode encontrar-se próxima ou no próprio plano de aperto (*power-tight*) da caixa da face terminal de campo. O comprimento de anel apropriado deveria ser selecionado para cada conexão. Este ajuste é realizado da forma mais fácil proporcionando-se uma seleção de comprimentos de anel fabricados dentre os quais selecionar durante a instalação. Em aplicações de perfuração com revestimento, obtém-se controle satisfatório da posição da face terminal de campo cobrindo toda a faixa permissível de tolerâncias da API fornecendo-se anéis em três incrementos de comprimento.

[0066] Fazendo referência agora à FIG. 5, que mostra uma vista da extremidade terminal do anel 10a com três lobos 20a, o anel 10a é mostrado na configuração neutra, antes da instalação em uma conexão e sem forças aplicadas sobre o mesmo. Na configuração neutra, o anel possui um diâmetro interno efetivo, denominado aqui como o diâmetro de vale interno ($D_{\text{vale interno } n}$), que é o diâmetro do círculo que contacta o ponto mais interno de cada um dos vales 21a da superfície interna do anel 13a. O

anel neutro também possui um diâmetro externo efetivo, denominado aqui como o diâmetro do pico externo ($D_{\text{pico externo } n}$), que é o diâmetro do círculo que circunscreve o ponto mais externo de cada um dos picos 22a da superfície externa do anel 14a. A superfície externa do anel 14a também define uma circunferência, cujo comprimento equivale a um círculo apresentando o diâmetro D_{circ} . Quando se seleciona um anel para uso em uma conexão particular, o diâmetro D_{circ} é selecionado de forma a ser substancialmente igual ou maior do que o diâmetro mínimo da conexão, e o $D_{\text{pico externo } n}$ do anel na configuração neutra é selecionado de forma a ser maior do que o diâmetro mínimo da conexão em que se pretende instalar o anel.

[0067] Fazendo referência à FIG. 6, a instalação da modalidade preferida da presente invenção é realizada rosqueando o anel 10a na ponta aberta de uma conexão 30 no sentido do centro da conexão. À medida que o anel 10a é forçado na conexão 30, a superfície externa 14a entra em contato com, e desenvolve forças de apoio radiais contra a superfície interna 32 das roscas da caixa de conexão. As forças de apoio radiais são determinadas pela geometria do lobo do anel. Os lobos são projetados de forma a conter um balanço entre força de retenção adequadas e facilidade de instalação. À medida que o anel 10a é avançado no sentido do centro da conexão, o diâmetro dos picos externos do anel é reduzido conforme confinado pelo diâmetro decrescente da caixa cônica. Isto causa a redução da altura radial dos lobos 20a de tal forma que o anel assume uma configuração mais circular. Quando o anel é posicionado no centro de conexão o anel apresenta um diâmetro do pico externo instalado ($D_{\text{pico externo } i}$) próximo ou igual a D_{circ} , como mostrado na FIG. 6. Para fins de ilustração, a amplitude inicial dos lobos e os intervalos finais 42 entre a superfície externa do vale 21a e a superfície interna da conexão 32 são mostrados exagerados nas FIGS. 5 e 6.

[0068] Por comparação entre as FIGS. 5 e 6, ficará evidente que, embora a circunferência do anel 10a seja substancialmente constante no

anel instalado, as forças radiais desenvolvidas pela instalação do anel fazem com que o diâmetro do pico externo instalado ($D_{\text{pico externo i}}$) seja menor do que o diâmetro do pico externo neutro ($D_{\text{pico externo n}}$), e o diâmetro do vale interno instalado ($D_{\text{vale interno i}}$) seja maior do que o diâmetro do vale interno neutro ($D_{\text{vale interno n}}$). Uma vez instalado, um intervalo 42 pode ou não permanecer entre a conexão e a superfície externa do anel nos vales 21a, dependendo do efetivo diâmetro da conexão ($D_{\text{circ e}}$) e do fluxo plástico permitido em virtude do material do qual o anel é fabricado.

[0069] Deve-se compreender que, embora os lobos na modalidade ilustrada sejam formados de tal forma que os vales são impressos radialmente para fora quando o anel é confinado dentro da conexão, o anel pode ser formado de tal forma que os vales são impressos radialmente para dentro durante a instalação. Se os vales são impressos para dentro ou para fora dependerá da amplitude dos lobos e da direção ao longo dos quais os esforços são conduzidos através do anel relativamente aos ápices dos vales.

[0070] Para atender às exigências de algumas aplicações, como perfuração com revestimento, o anel é selecionado, de preferência, de tal forma que o $D_{\text{vale interno i}}$ do anel instalado seja menor do que o diâmetro interno dos pinos e maior do que o diâmetro de passagem especificado ou, de outra forma, requerido para a coluna de tubulação em que o anel será usado. Prefere-se que o diâmetro interno final seja menor do que o diâmetro interno da tubulação, de tal forma que os terminais de pino tendam a não deformar-se para dentro tão prontamente quando elas se apoiam contra o anel no limite superior da capacidade de torque do sistema. Adicionalmente, para aplicações em que a espessura da parede do terminal de pino e, portanto, a espessura do anel, é fina relativamente à espessura do corpo da tubulação, formar o anel mais espesso do que a espessura da parede do pino melhora a resistência e a estabilidade, permitindo com isto suportar cargas maiores pelo mesmo material.

[0071] Os esforços predominantemente flexurais induzidos no anel de apoio lobado durante a instalação (devido à redução do diâmetro dos picos externos e o movimento radial centrífugo dos vales do anel) resultam em o anel da presente invenção apresentar uma reduzida rigidez do aro efetiva e uma faixa elástica radial incrementada, em comparação com uma forma de anel de raio constante em condições de carga radial do tipo "ajuste por encolhimento [*shrink fit*]". Neste contexto, a efetiva rigidez do aro é definida como a alteração no esforço radial médio desenvolvido no exterior de um anel de múltiplos lobos causada por uma alteração no raio de uma superfície confinante amplamente cilíndrica (isto é, uma superfície apresentando um diâmetro menor do que o diâmetro de pico externo inicial) dividido por referida alteração no raio (ou, dito de forma diferente, o aumento médio do esforço de contato entre um anel de múltiplos lobos e uma superfície confinante, por decréscimo de unidade no raio da superfície confinante). Faixa elástica refere-se à faixa de diâmetros confinantes sobre as quais a rigidez do aro de um anel com múltiplos lobos permanece amplamente constante.

[0072] A efetiva rigidez do aro e faixa elástica pode ser ajustada selecionando-se o número de lobos, diâmetros dos picos externos e dos vales internos iniciais, e a área de seção transversal do anel. Em particular, com relação à rigidez do aro e ao número de lobos em um anel, o aumento do número de lobos em um anel com um dado diâmetro requer que cada lobo apresente um comprimento de onda menor e, portanto, requer que o anel apresente maior rigidez do aro. Dito de uma maneira geral, o número de lobos em um anel será selecionado tipicamente para um determinado peso e tamanho de conexão, para equilibrar a força de preensão com carga de instalação acima da faixa de tolerância permitida pela API em combinação com outros fatores, como o método de instalação, risco de dano à rosca, e seleção do material.

[0073] Embora o anel seja formado, de preferência, de um material similar àquele usado para formar a conexão, as propriedades mecânicas do

material podem ser usadas para ajustar a efetiva rigidez do aro e faixa elástica do anel. Adicionalmente ou alternativamente, a efetiva rigidez do aro e faixa elástica do anel podem ser ajustadas por meio da formação não simétrica dos lobos do anel. A variação da forma dos lobos pode ser usada como um outro meio para controlar a efetiva rigidez do aro e faixa elástica para otimizar ainda mais a capacidade de prensão do anel. Em particular, se as formas dos lobos não forem todas similares, os vales dos lobos não tenderão a expandir à mesma taxa quando os picos forem forçados a se comprimirem sob confinamento na conexão. Como um exemplo, poderia ser útil usar um anel apresentando comprimentos de onda curtos e longos alternantes para proporcionar maior força de prensão sobre uma faixa elástica maior de interferência radial.

[0074] Deve-se compreender que, embora o elemento de rosca da modalidade ilustrada do anel de apoio seja formado continuamente em torno da circunferência do anel, de tal forma que a efetiva rigidez do aro não seja substancialmente dependente do local dos picos e vales dos lobos na circunferência, é possível formar um anel de tal forma que o elemento de rosca seja não-contínuo em torno da circunferência do anel, e, assim, os lobos do anel podem ser alinhados de forma a se obter vantagem da oportunidade de otimizar a rigidez do aro e a faixa elástica para a aplicação específica. Configurando o anel de tal forma que os elementos de rosca se localizem nos flancos dos lobos, ao invés de nos picos e vales, a rigidez do aro é diminuída em virtude dos esforços flexurais relativamente grandes nos picos e vales durante a instalação, em comparação com os flancos.

[0075] Pessoas com prática na arte perceberão que técnicas conhecidas de análise de esforço, como o método do elemento finito (FEM, *finite element method*), podem ser usadas de maneira vantajosa para otimizar a seleção dos parâmetros de design do anel.

[0076] Referindo à FIG. 7, em uma modalidade, a efetiva capacidade friccional ou força de prensão proporcionada por um anel 10b capaz de

exercer uma dada força radial é incrementada texturizando-se ou tornando áspera a superfície externa do anel 14b. A aspereza ou texturização pode ser proporcionada de diversas maneiras, como recartilhamento ou usinagem ou dentes direcionais, e pode ser proporcionada em combinação com endurecimento. Ranhuras simples em forma de "V" 19, como mostradas, proporcionaram coeficientes de atrito efetivos substancialmente mais elevados do que os obtidos com superfícies lisas, e podem ser fabricadas economicamente (como por meio de corte de ranhuras circunferentes usinadas na superfície externa do anel 14b). De preferência, a superfície externa do anel é tornada áspera antes da formação dos lobos.

[0077] Referindo ainda à FIG. 7, como um meio adicional para aperfeiçoar a força de prensão do anel da presente invenção em uma conexão, uma porção da superfície externa 14b pode ser modelada de forma geralmente frustocônica de modo a ampliar-se para fora no sentido da face 12b para acompanhar o afunilamento da caixa de conexão. Em particular, para facilitar a instalação em uma conexão, de preferência, cerca de metade do comprimento do anel é feita com espessura geralmente uniforme. Cerca de metade do anel apresenta uma superfície externa que se expande para fora no sentido da face 12b de tal forma que a espessura do anel seja incrementada gradualmente da face 11b à 12b do anel 10b. Isto faz com que o anel apresente uma forma geralmente frustocônica cobrindo toda a superfície externa 14b ou uma porção da mesma, e adequando-se substancialmente ao afunilamento da conexão de caixa. Assim, quando o anel é instalado apropriadamente em uma conexão cônica, a face terminal de campo 12b do anel 10b encontra-se em contato com as roscas da face terminal de campo da conexão 30. A superfície interna 13b permanece, de preferência, geralmente paralela ao eixo da conexão ao longo de todo o comprimento do anel 10b. Esta modalidade acomoda a instalação do anel na conexão e através do diâmetro central mínimo da conexão, mas proporciona contato mais adaptável entre a porção frustocônica sobre a superfície externa 14b do

anel 10b e da superfície interna 32 da caixa de conexão (que será usualmente a caixa da face terminal de campo 35").

[0078] Referindo ainda à FIG. 7, é possível obter um aumento adicional da capacidade de torque, particularmente de conexões API de tubulações de parede mais fina, por meio de modelagem de uma ou de ambas as faces terminais 11b e 12b do anel 10b com um perfil frustocônico convexo. Em particular, os terminais podem ser formados de modo a decaírem da borda interna à borda externa proporcionando um apoio de ângulo invertido sobre o qual os terminais de pino 37' e 37" se apoiam quando reagem ao torque. Isto tenderá a impedir que o terminal de pino deslize para dentro sob aplicação de carga elevada. Ao invés disso, o terminal de pino será forçado radialmente para fora ocasionando que a mesma se prenda entre o anel e a conexão, aumentando com isto, adicionalmente, a capacidade de torque da conexão. Para funcionar adequadamente com esta configuração, a resistência do anel 10b, como um resultado da espessura ou de propriedades do material, precisa ser suficiente para suportar os esforços na borda interna mais fina.

[0079] Embora um anel apresentando uma superfície externa frustocônica áspera e também faces terminais frustocônicas seja mostrado na FIG. 7, deve-se compreender que cada uma destas modificações podem ser usadas independentemente em um anel particular, conforme desejado.

[0080] A faixa de diâmetros permitida no centro das conexões fabricadas de acordo com especificações API é grande em comparação com a faixa elástica disponível de anéis de aço de raio constante, mas é facilmente acomodada por anéis da presente invenção apresentando um mínimo de dois, mas, de preferência, três ou mais lobos, ao mesmo tempo em que controla simultaneamente o esforço radial médio para equilibrar a carga de instalação contra a força de preensão. Isto pode ser realizado enquanto se assegura, de preferência, que o diâmetro interno instalado não caia abaixo do diâmetro mínimo de folga de passagem requerido pela

aplicação para os anéis instalados nas conexões com diâmetro interno máximo, e, de preferência, sem iniciarem substancialmente a resposta compressiva inelástica do aro do anel quando instalado em uma conexão com diâmetro mínimo.

[0081] Embora na modalidade mostrada na FIG. 4 o elemento de rosca 17 no anel 10 apresente o mesmo perfil de rosca que as roscas macho na superfície externa de ambos os pinos 34' e 34", deve-se compreender que o perfil da rosca pode ser ajustado conforme desejado para facilitar ou aumentar a facilidade da instalação ou o desempenho operacional.

[0082] A FIG. 8 ilustra uma modalidade alternativa do anel de apoio da presente invenção, adaptado para eliminar qualquer necessidade de rotação ou aplicação de torque durante a instalação. De acordo com esta modalidade, o anel 10c apresenta, de preferência, um elemento de rosca 17c apresentando uma forma de rosca que se equipara de uma forma geral àquela da conexão 30, mas com um baixo ângulo de flanco de punção e uma baixa altura de rosca. Para os fins desta descrição de patente, o termo "baixo ângulo de flanco de punção" deve ser compreendido, com relação ao elemento de rosca 17c, como significando um ângulo menor do que o que seria normalmente desejado para acoplamento ótimo com o elemento de rosca 32. O termo "baixa altura de rosca" deve ser compreendido com referência a um elemento de rosca 17c que é suficientemente menor ou mais baixo do que o requerido para acoplamento pleno compatível normal com o elemento de rosca 32, de tal forma que quando o anel 10c é instalado, a adequação elástica do anel permitirá que o anel passe a apresentar as cristas do elemento de rosca 17c em contato com as cristas da rosca fêmea da caixa da face terminal de campo 35" da conexão 30 de modo a apresentar o elemento de rosca 17c do anel 10c totalmente acoplado com a rosca fêmea da caixa da face terminal de campo 35" da conexão 30. Deve-se compreender que, embora uma altura maior da rosca possa aumentar a resistência da retenção axial do anel, o anel também exigirá uma maior altura

dos lobos, o que reduzirá o diâmetro interno mínimo do anel lobado com a consequência indesejável de se ter de reduzir a espessura do anel e, assim, enfraquecer o mesmo para evitar potencial invasão do diâmetro de folga de passagem.

[0083] O baixo ângulo de flanco de punção do elemento de rosca 17c é selecionado de forma a estimular ou facilitar a ação "de catraca" do anel na conexão durante a instalação, de tal forma que a carga axial requerida para instalar o anel será pequena relativamente à carga axial requerida para remover o anel da conexão. A instalação deste anel pode ser realizada forçando-se o anel 10c na conexão por meio de aplicação de força axial na face terminal de campo 12c do anel 10c. Em virtude de o anel de apoio 10c apresentar pelo menos dois (e, de preferência, três ou mais) lobos, o anel 10c se deformará elasticamente, na direção radial, à medida que o elemento de rosca 17c é pressionado contra a estrutura de rosca interna da conexão, de tal forma que o elemento de rosca 17c se acoplará com a estrutura de rosca da conexão.

[0084] Duas possíveis configurações pós-instalação para um anel com este design são ilustradas nas FIGS. 8 e 9. Na primeira configuração, mostrada na FIG. 8, o elemento de rosca 17c é acoplado com as roscas da superfície interna 32 da conexão 30. Na segunda configuração, mostrada na FIG. 9, o elemento de rosca 17c encontra-se em contato com as cristas da rosca fêmea da caixa da face terminal de campo 35" da conexão 30. Nesta configuração, o anel 10c é retido axialmente no interior da conexão 30 primariamente em virtude de forças de contato radiais entre o elemento de rosca 17c e as cristas de rosca e a resistência friccional resultante. No entanto, o anel de apoio 10c torna-se deslocado axialmente da posição mostrada na FIG. 9, o elemento de rosca 17c tenderá a ser impresso no acoplamento (ou acoplamento adicional) com a estrutura de rosca interna da conexão para proporcionar força de retenção axial adicional e, assim, impedir o anel de afastar-se ainda mais.

[0085] Em outra modalidade da invenção, como mostrado na FIG. 10, o anel 10d em seu estado não-submetido a esforço apresenta uma forma circular com raio e perfil constantes em torno da circunferência (isto é, sem lobos). O anel 10d apresenta o elemento de rosca 17d sobre a superfície externa 14d. O diâmetro externo da face terminal rotativa 15d do anel 10d é selecionado de tal forma a ser marginalmente menor do que o diâmetro interno mínimo de uma conexão apresentando o menor diâmetro permitido pelas tolerâncias especificadas para a conexão, minimizando com isto o torque necessário para a instalação. A instalação do anel 10d em uma conexão 30 é realizada acoplando-se o elemento de rosca 17d com as roscas da caixa de conexão da face terminal de campo 35" e girando o anel 10d até que a face terminal rotativa 11d do anel 10d contacte o terminal 37' de pino da face terminal rotativa 34'; isto assegurará uma transferência de torque e carga axial de forma substancialmente uniforme e irrestrita entre os terminais de pino 37' e 37" quando da instalação do pino da face terminal de campo 37".

[0086] É possível usar vários meios para posicionar o anel 10d na conexão 30, incluindo a instalação manual. Usando este método de instalação, o anel 10d pode ser rosqueado na conexão 30 o máximo possível com a mão, sendo que a subsequente rotação do pino da face terminal de campo é efetiva para girar o anel 10d ainda mais para dentro da conexão 30.

Ferramentas para instalar o anel de apoio com elemento rosqueado

[0087] Uma modalidade preferida da ferramenta de instalação do anel de apoio da presente invenção é mostrada nas FIGS. 11 e 12. Referindo agora à FIG. 11, a ferramenta de instalação 50 compreende um mandril de aro 51 sendo que o terminal superior 52 e o terminal inferior 53 portam patas do mandril de aro 53f montadas coaxialmente do lado externo e ajustando-se estreitamente com o eixo de aplicação de torque 54 com o terminal superior 55 e o inferior 56. O terminal inferior 53 do mandril de aro 51 possui uma superfície de preensão periférica 57 ajustando-se estreitamente com, e portando, o anel 10. O eixo de aplicação de torque 54 possui um mecanismo

de ativação de preensão de torque 58 no terminal inferior 56, e um punho de aplicação de torque 59 no terminal superior 55. O torque é aplicado no punho de aplicação de torque 59 no terminal superior 55 do eixo de aplicação de torque 54.

[0088] Referindo agora à FIG. 12, o mecanismo de aplicação de preensão por torque 58 é proporcionado arranjando-se a interface de ajuste estreito entre o interior das patas do mandril de aro 53f e a superfície externa do terminal inferior 56 do eixo de aplicação de torque 54 como interface facetada 60 (ilustrado na FIG. 12 como apresentando 16 facetas e 8 patas do mandril de aro 53f), de modo que, quando da aplicação de torque no punho 59, a superfície de preensão 57 do mandril de preensão de aro 51 tende a ser forçada radialmente para fora pelos mecanismos da interface facetada 60 do mecanismo de ativação de preensão de torque 58 para prender a superfície interna 13 do anel 10. Referindo novamente à FIG. 11, o anel 10 é girado na posição de forma que sua face terminal rotativa 11 contacte a face terminal 37' de pino da face terminal rotativa 34'. A remoção do torque aplicado liberará o contato friccional entre a superfície de preensão 57 do mandril de preensão de aro 51 e a superfície interna 13 do anel 10. Como pode ser necessário, é possível aplicar torque reverso, também ativando o mecanismo de preensão para extração do anel.

[0089] Em outra modalidade, como mostrado na FIG. 13, a ferramenta de instalação 70 compreende um dispositivo de preensão frustocônico 71 com terminal inferior 72, terminal superior 73, superfície externa 74, e superfície interna 75, mais um eixo de aplicação de torque 76 com terminal superior 77 e terminal inferior 78. A ferramenta de instalação 70 é operada forçando-se o anel 10 sobre o terminal inferior 72 do dispositivo de preensão frustocônico 71, seja à mão ou usando um conjunto de êmbolo hidráulico orientado axialmente (não ilustrado). A superfície interna 13 do anel 10 contacta a superfície externa 74 no terminal inferior 72 do dispositivo de preensão frustocônico 71. A resultante força radialmente centrífuga sobre

os vales de lobos do anel 10 induz um movimento radialmente centrífugo dos vales e um movimento radialmente centrípeto dos picos, de forma que o anel 10 torna-se substancialmente redondo. O anel 10 pode então ser rosqueado na caixa da face terminal de campo 35" na conexão 30 de forma que a face terminal rotativa 11 do anel 10 contacte a face terminal 37' de pino da face terminal rotativa 33'. A ferramenta 70 é então sacada axialmente para fora da caixa, seja manualmente ou com o uso de um conjunto de êmbolo hidráulico orientado axialmente (não ilustrado), permitindo ao anel 10 retornar, na proporção permitida pela superfície interna 32 da conexão 30, a uma forma lobada.

[0090] Em uma modalidade adicional, como mostrado nas FIGS. 14 e 15, a ferramenta de instalação 90 compreende um eixo de aplicação de torque 91 com terminal superior 92 e terminal inferior 93, e um dispositivo de preensão lobado 94 com terminal superior 95, terminal inferior 96, e superfície externa 97. Referindo agora à FIG. 15, a superfície externa 97 do dispositivo de preensão lobado 94 é projetado para encontrar-se em acoplamento compatível com a superfície interna dos lobos do anel 10. Referindo novamente à FIG.14, a rotação e o torque são então aplicados, manualmente ou com auxílio mecânico, no eixo de aplicação de torque 91 para rosquear o anel no centro da conexão. À medida que o anel 10 é introduzido na conexão 30 e os lobos do anel se acoplam na conexão, o arraste tangencial é induzido entre o anel 10 e a conexão 30 e reagido através da interação do dispositivo de preensão lobado 94, tendendo a girar ou avançar os lobos da superfície externa 97 relativamente àqueles do anel 10, sendo que esta ação apresenta retorno reduzindo a amplitude dos lobos do anel 10 e reduz o arraste. À medida que o anel se aproxima do centro da conexão, a amplitude dos lobos tende, com isto, a tornar-se menor, e o deslizamento entre o anel e a superfície de preensão torna-se iminente se o anel tornar-se excessivamente redondo. Anéis e amplitude dos lobos são arranjos,

portanto, de forma a impedir esta ocorrência na faixa de tolerância do diâmetro da conexão permitida pelas especificações para a conexão.

Anel de apoio crimpável para fora

[0091] Em uma modalidade alternativa, o anel de apoio da presente invenção é adaptado e configurado de tal forma que possa ser deformado plasticamente por meio da aplicação de forças radialmente centrífugas aplicadas no anel após a instalação inicial no interior de uma conexão, proporcionando com isto retenção axial na conexão por meio de um ajuste por interferência entre as superfícies externas do anel e a estrutura rosqueada interna da conexão. De acordo com esta modalidade, e como ilustrado na FIG. 16, o anel 10e apresenta uma forma substancialmente cilíndrica e é feito de um metal dúctil porém adequadamente forte, e apresenta superfície externa 14e, superfície interna 13e, face terminal superior 11e, e face terminal inferior 12e. A superfície externa 14e do anel 10e é mostrada como sendo lisa; no entanto, deve-se compreender que a aspereza (p. ex., recartilhamento, rosqueamento, ou sulcagem) pode ser adicionada à superfície externa 14e para incrementar as características de preensão. Como melhor se pode ver na FIG. 17, a superfície interna 13e do anel 10e é dotada, de preferência, de um perfil que defina um par de superfícies frustocônicas 18e' e 18e", dispostas de tal forma que a espessura radial do anel 10e seja menor em seu ponto central longitudinal do que nas faces terminais 11e e 12e. Referindo à FIG. 17, o anel 10e é mostrado em seção transversal disposto centralmente no interior da alma de uma conexão rosqueada cônica 30 rosqueada sobre o pino 34, porque o anel 10e poderia aparecer antes da deformação plástica.

[0092] Referindo agora à FIG. 18, o anel de apoio 10e é mostrado novamente em conexão 30, mas agora ele poderia aparecer após a deformação. Comparando as formas de pré-deformação e de pós-deformação do anel de apoio, como mostrado nas FIGS. 17 e 18, alguém versado na arte perceberá que as superfícies internas originalmente

frustocônicas 18e' e 18e" tenderão a tornar-se cilíndricas após a deformação. Correlativamente, a superfície externa originalmente cilíndrica 14e tenderá a tornar-se modelada como um par de superfícies frustocônicas (ou, talvez, como uma única superfície longitudinalmente côncava), equiparando-se estreitamente e intertravando com a forma das roscas de conexão cônicas. Referido intertravamento facilita a retenção axial, ao mesmo tempo que conserva uma alma relativamente lisa de forma a não invadir o diâmetro de folga de passagem da coluna de revestimento.

[0093] A retenção axial pode ser incrementada adicionalmente através do controle da deformação do anel de forma a induzir um ajuste por interferência seja mecanicamente ou termicamente. A interferência mecânica pode ser incrementada por meio da seleção dos módulos elásticos e resistências à deformação plástica do anel 10e e conexão 30 de tal forma que, ao se aplicar força radial centrífuga suficiente sobre a superfície interna 13e, o retorno elástico ou o esforço elástico induzido na conexão 30 excede aquele induzido no anel 10e, resultando em um ajuste por interferência residual mediante a liberação da força radial centrífuga. Um ajuste por interferência também pode ser promovido ou incrementado como um ajuste por encolhimento induzido termicamente, de acordo com métodos bem conhecidos na arte, mediante o controle seletivo das temperaturas relativas do anel 10e e conexão 30 durante a deformação do anel de forma que o esforço térmico da conexão 30 exceda aquele do anel 10e.

[0094] Deve-se compreender que o anel de apoio 10e não se restringe à configuração particular mostrada na FIG. 16, e que uma ou mais características adicionais (incluindo, mas sem limitação, aquelas características aqui descritas com relação a outras modalidades do anel de apoio) podem ser adicionadas de forma a incrementar a retenção axial do anel 10e no interior da conexão, e/ou a facilitar a instalação do anel.

Ferramentas para instalar anel de apoio crimpável centrifugamente

[0095] A FIG. 19 ilustra uma ferramenta de instalação para instalar anéis de apoio crimpáveis centrifugamente geralmente do tipo descrito acima com referência às FIGS. de 16 a 18. Como mostrado na FIG. 19, a ferramenta de instalação 110 apresenta um terminal superior 111 e um terminal inferior 112, mais um componente de mandril 113 que se estende ao longo do comprimento da ferramenta. A porção mais ao alto do mandril 113 é substancialmente cilíndrica, com uma conexão rosqueada 117 um terminal superior 115. Esta porção cilíndrica do mandril 113 transiciona para uma seção frustocônica 116 que se afunila ou se expande para fora no sentido do terminal inferior 114.

[0096] Disposto geralmente em torno da superfície externa 118 do mandril 113 encontra-se um componente de mandril de aro 120. O mandril de aro 120 apresenta um superior 121 com mecanismo de aplicação de carga axial 130, e um terminal inferior 122 com uma pluralidade de patas de mandril de aro dispostas na circunferência 124 (dezesseis na modalidade exemplar ilustrada) que são conectáveis de maneira deslizante com a superfície externa alternativamente frustocônica ou cilíndrica 118 do mandril 113. As patas do mandril de aro 124 apresentam ranhuras ao longo de suas superfícies externas 125 que são adaptadas para conectar de maneira preênsil a superfície interna 13e do anel 10e. O mecanismo de aplicação de carga 130 -- um êmbolo hidráulico orientado axialmente, na modalidade ilustrada -- usa o mandril 113, o mandril de aro 120, e um anel vedante rosqueado 131 para formar uma câmara de fluido 127. O anel vedante rosqueado 131 possui terminal superior 132, terminal inferior 133, elemento de rosca 136, e ranhura vedante 137 na superfície interna 134, que se acopla de maneira rosqueada e vedante a superfície externa 118 do mandril 113, e uma superfície externa geralmente cilíndrica 135 com ranhura vedante integral 138, que conecta de maneira deslizante e vedante a superfície interna 129 do mandril de aro 120. A pressão aplicada na câmara de fluido 127 (via passagem de fluido 128 no anel de vedação 131) induz um movimento axial

ascendente do mandril relativamente ao mandril de aro 120, que, por sua vez, induz um movimento radial centrífugo dos dedos expansivos 124.

[0097] Deve-se compreender que, embora o mecanismo de aplicação de carga axial 130 seja mostrado e descrito aqui como um êmbolo hidráulico, ele não é restrito a este design e, assim, poderia ser proporcionado em forma de outros mecanismos vantajosos e conhecidos (como uma rosca de macaco de elevação), sem afastar-se do conceito da presente invenção.

[0098] À medida que se aplica carga axial, o anel 10e é deformado elasticamente e plasticamente até que a superfície externa 14e seja colocada em contato com a superfície interna 32 da conexão 30 de forma a efetuar um ajuste por interferência. É possível aplicar força radialmente centrífuga adicional sobre a superfície interna 13e do anel 10e para deformar plasticamente ainda mais o anel 10e e empurrar a conexão 30 ainda mais radialmente para fora, efetuando assim um ajuste por intertravamento pela deformação plástica localizada do anel 10e na estrutura de rosca da conexão 30.

[0099] Como indicado previamente, os módulos elásticos e resistências à deformação plástica do anel 10e e conexão 30 podem ser selecionados de tal forma que, mediante a aplicação de força radial centrífuga suficiente sobre a superfície interna 13e do anel 10e, o retorno elástico ou o esforço elástico induzido na conexão 30 exceda aquele induzido no anel 10e, resultando em um ajuste por interferência residual quando do relaxamento da força radial centrífuga. A interferência radial residual é reagida como uma força de contato entre o diâmetro mínimo da superfície interna 32 da conexão 30 e o diâmetro máximo da superfície externa 14e do anel de apoio 10e, cujo contato resiste friccionalmente ao deslocamento do anel 13e do seu lugar na conexão 30.

[00100] Deve-se compreender que, embora a modalidade da ferramenta de instalação mostrada na FIG. 19 e descrita acima aplique força radialmente centrífuga por meio de um conjunto de mandril/mandril de aro,

a ferramenta não é limitada àquele meio de induzir deformação do anel. Para oferecer apenas um exemplo não-limitante, a carga de instalação radial requerida pode ser gerada por meios alternativos, como êmbolos orientados radialmente, impulsionados hidraulicamente. Deve-se considerar também que o uso efetivo do método de ajuste por interferência para a instalação de um anel de apoio, usando ferramentas de instalação como as descritas ou similares às mesmas, não é dependente do uso de anéis de apoio como configuração específica. Embora seja possível obter resultados vantajosos usando anéis de apoio com superfícies internas frustocônicas no interior de superfícies, como descrito acima, o método de instalação e a ferramenta de instalação descritos também podem ser adaptados para uso com anéis de apoio crimpáveis para fora com outra configuração, incluindo anéis com forma substancialmente cilíndrica.

[00101] Aqueles versados na arte perceberão facilmente que é possível conceber várias modificações da presente invenção sem afastar-se do conceito essencial da invenção, e todas as modificações do tipo referido devem ser compreendidas como abrangidas pelo escopo da presente invenção.

[00102] Neste documento de patente, a expressão "compreendendo" é usada em seu sentido não-limitante, significando que itens que se seguem à expressão são incluídos, mas itens não especificamente mencionados não são excluídos. Uma referência a um elemento com o artigo indefinido "um(a)" não exclui a possibilidade de que mais de um elemento esteja presente, exceto se o contexto determinar claramente que seja um e apenas um elemento do tipo referido.

REIVINDICAÇÕES

1. Anel de apoio (10), para instalação em uma conexão de tubulações apresentando roscas internas cônicas, caracterizado pelo fato de o referido anel de apoio compreender:

(a) um corpo do anel definindo uma abertura central e apresentando uma face terminal rotativa (11) (*mill end face*), uma face terminal de campo (12) (*field end face*), uma superfície externa circunferente (14) que se estende entre a referida face terminal rotativa e a referida face terminal de campo, e uma superfície interna circunferente (13) que se estende entre a referida face terminal rotativa e a referida face terminal de campo, sendo que referido corpo do anel apresenta uma configuração de seção transversal substancialmente uniforme; e

(b) meio de retenção axial associado com a superfície externa do anel, para conexão com uma superfície interna (32) de uma conexão rosqueada (30) internamente, sendo que referido meio de retenção axial compreende um elemento de rosca (17c) adaptado para engranzamento com as roscas internas da conexão de tubulações, em que o elemento de rosca apresenta um baixo ângulo de flanco de punção e uma altura de rosca baixa.

2. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de o elemento de rosca (17c) ser um elemento de rosca contínuo.

3. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de o elemento de rosca (17c) compreender uma pluralidade de projeções intermitentes situadas em um caminho helicoidal.

4. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de quando o anel de apoio (10) não apresentar forças aplicadas a ele, a superfície externa do corpo do anel ser de configuração lobada.

5. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 4 caracterizado pelo fato de o corpo do anel apresentar dois ou mais lobos.

6. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de quando o anel de apoio (10) não apresentar forças aplicadas a ele, a

superfície externa do corpo do anel ser de configuração substancialmente circular.

7. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de pelo menos uma porção da superfície externa (14) apresentar um acabamento texturizado.

8. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 7 caracterizado pelo fato de o acabamento texturizado compreender recartilhagem.

9. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 7 caracterizado pelo fato de o acabamento texturizado compreender ranhuras em forma de "V".

10. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de pelo menos uma porção da superfície externa (14) do anel ser de configuração frustocônica.

11. Anel de apoio de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato de uma ou ambas dentre face terminal rotativa (11) e face terminal de campo (12) serem de configuração frustocônica.

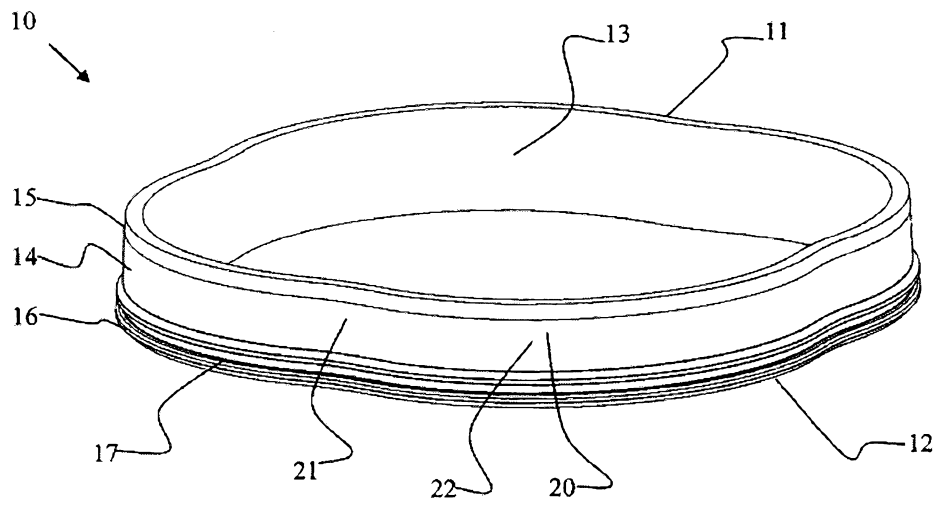


Figura 1

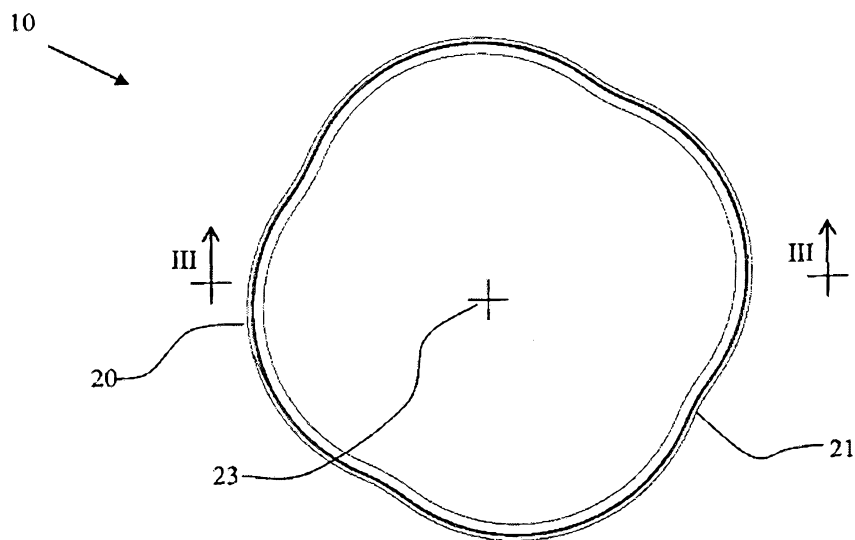


Figura 2

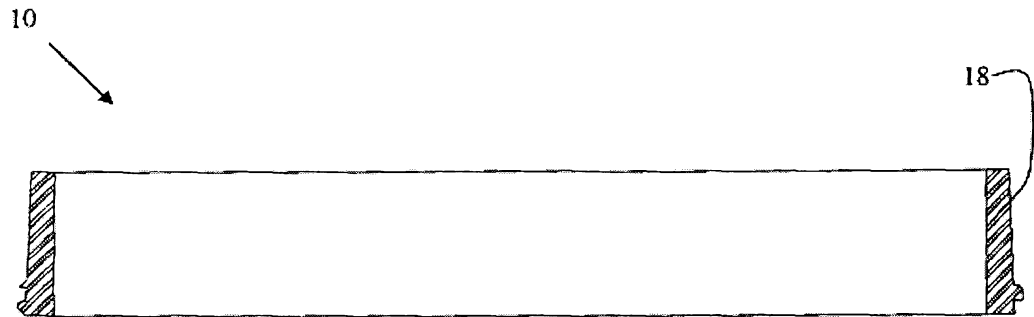


Figura 3

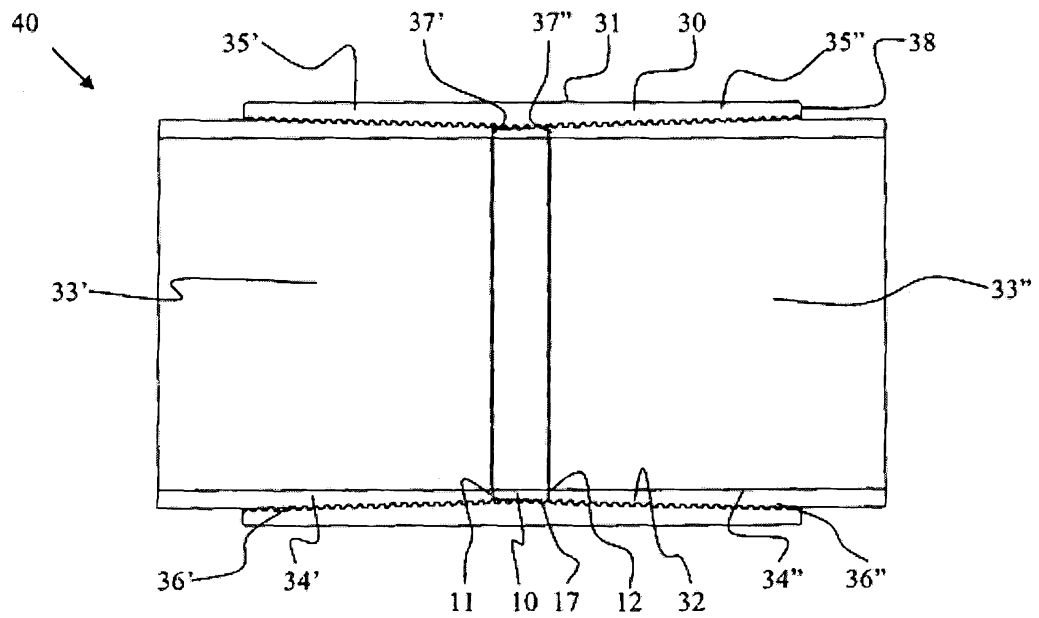


Figura 4

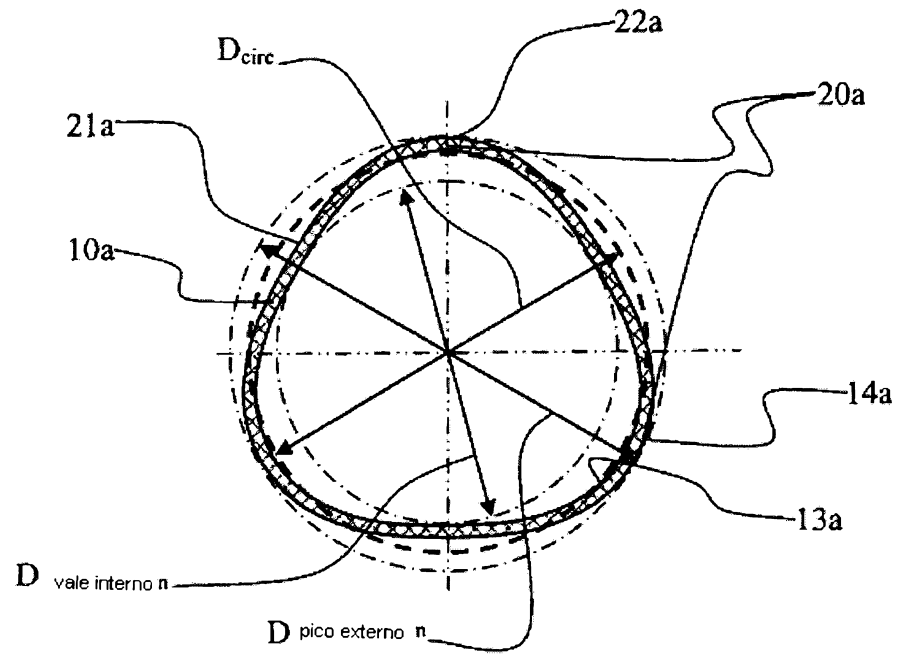


Figura 5

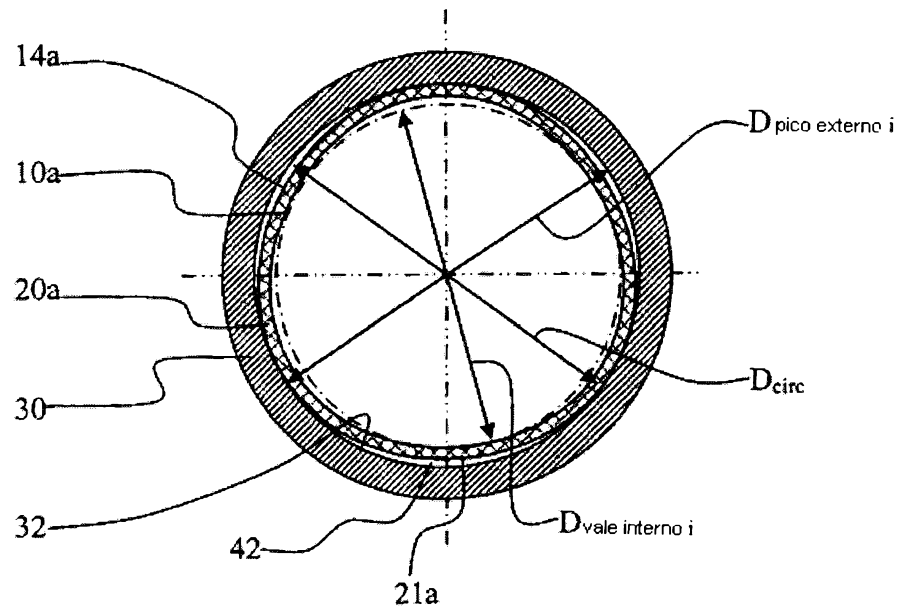


Figura 6

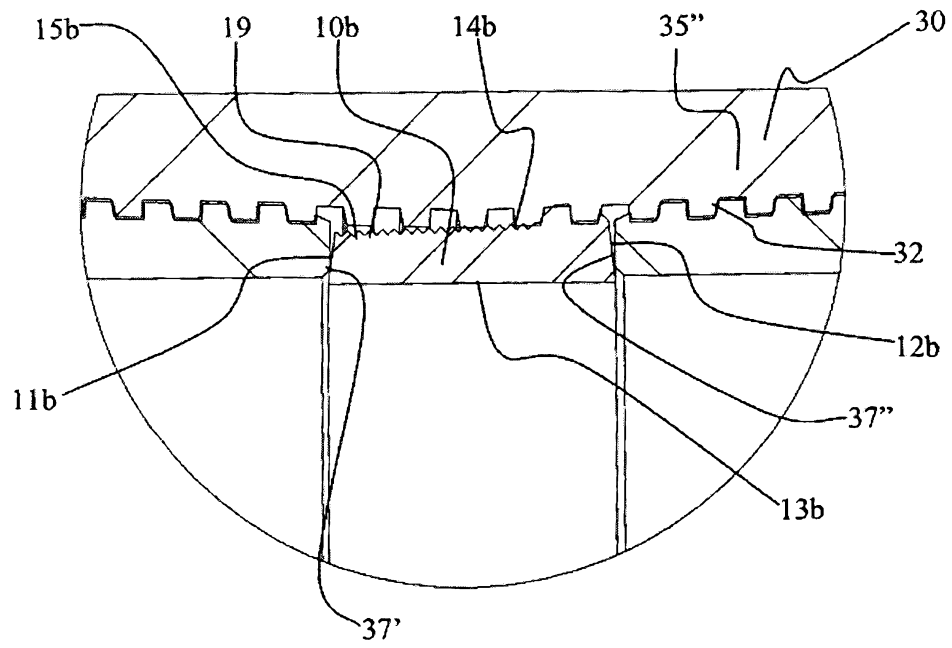


Figura 7

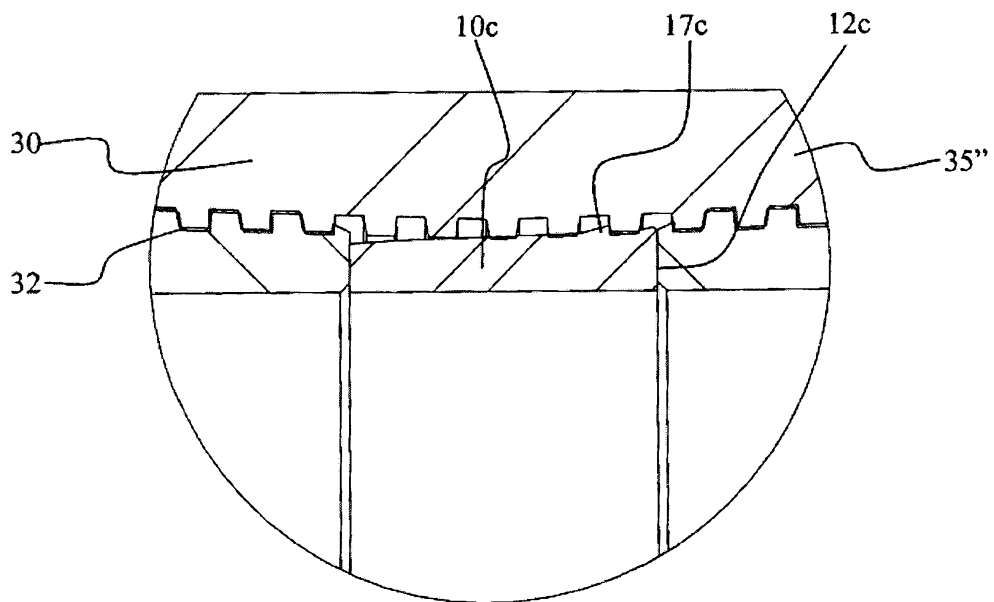


Figura 8

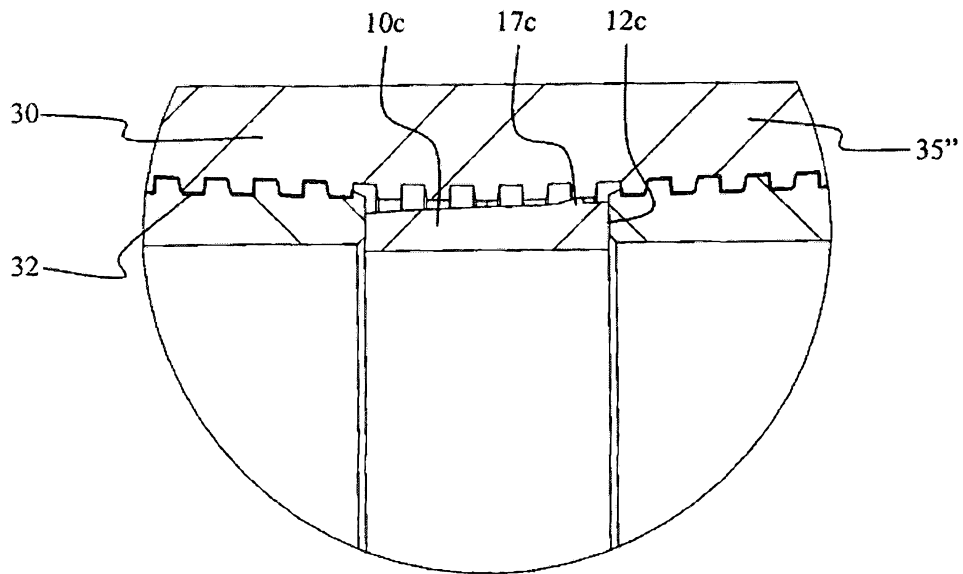


Figura 9

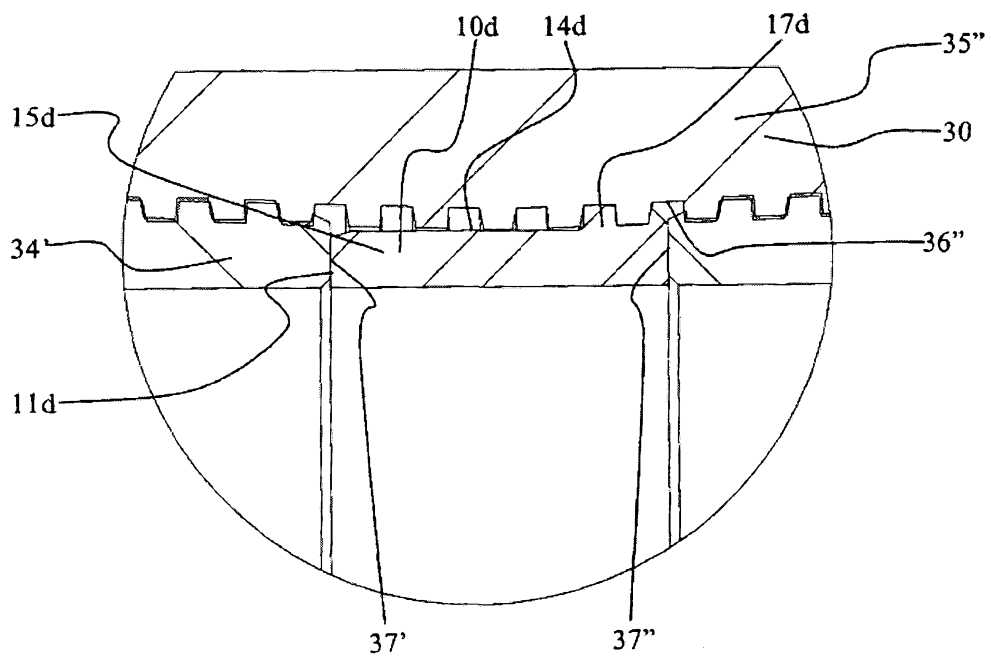


Figura 10

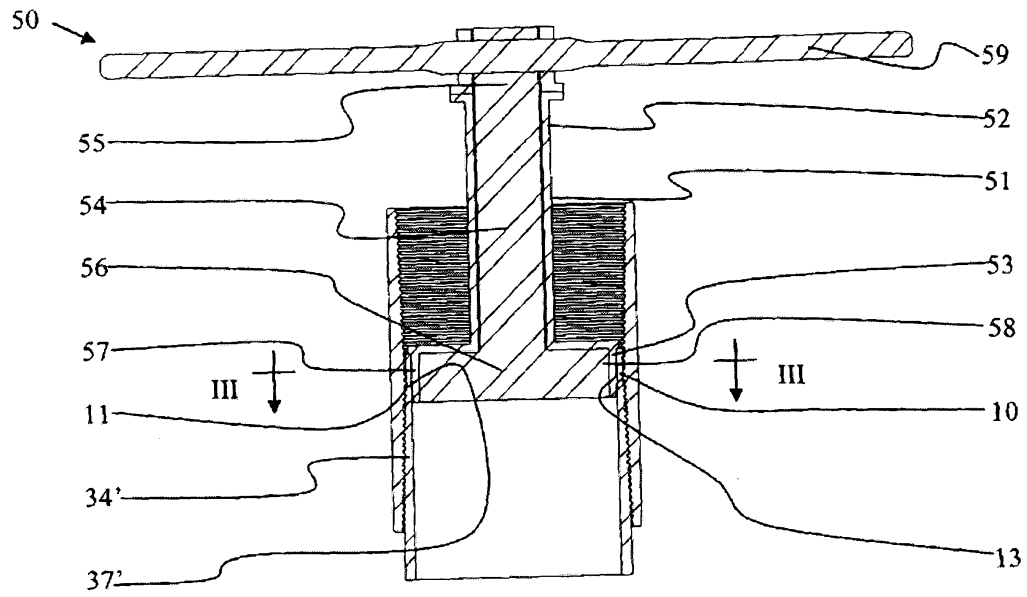


Figura 11

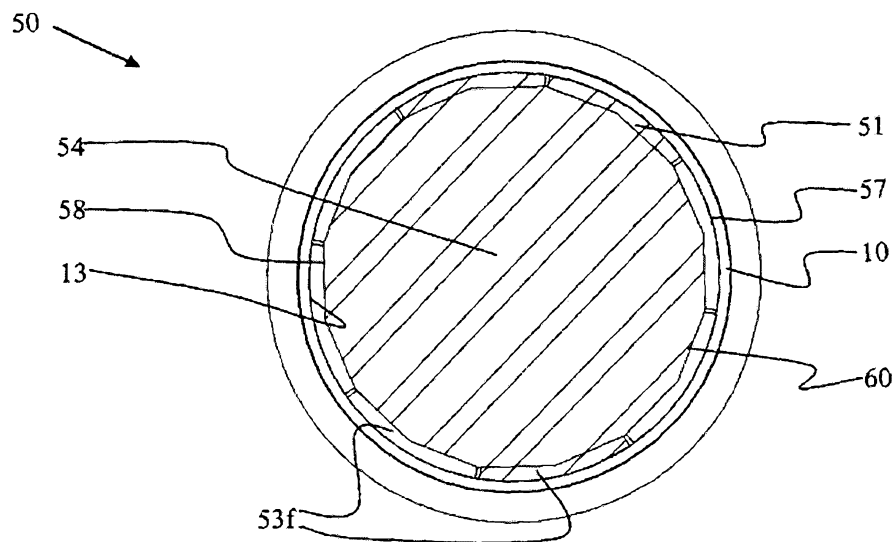


Figura 12

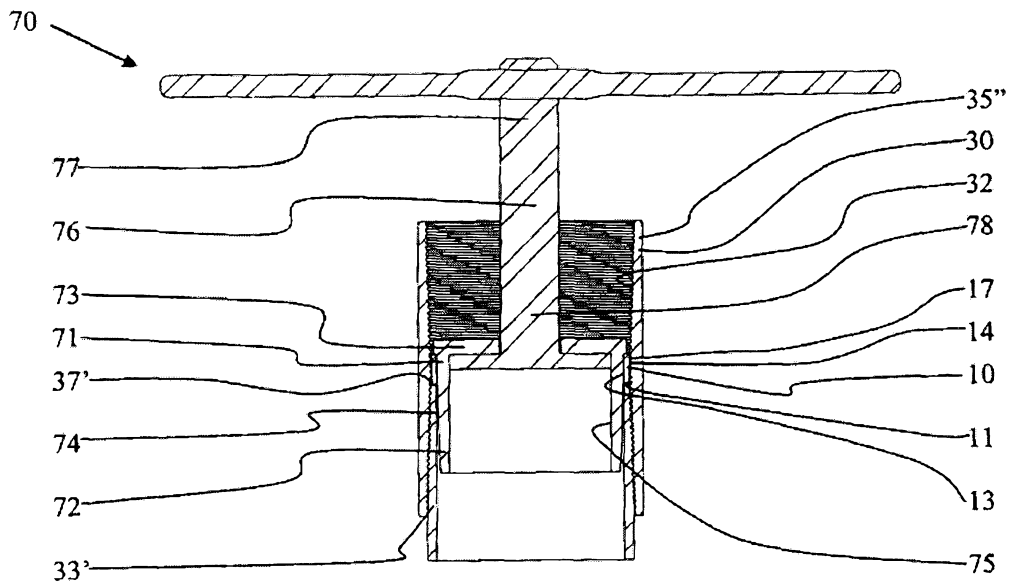


Figura 13

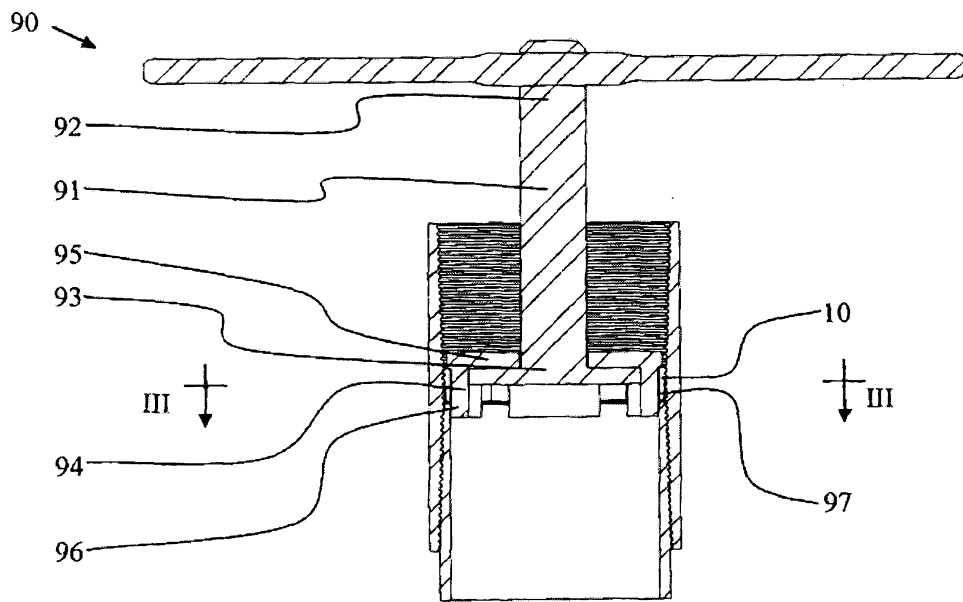


Figura 14

90 →

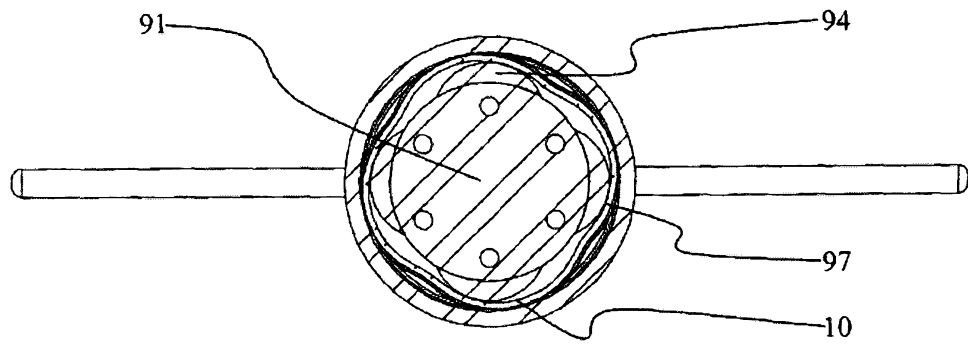


Figura 15

10e →

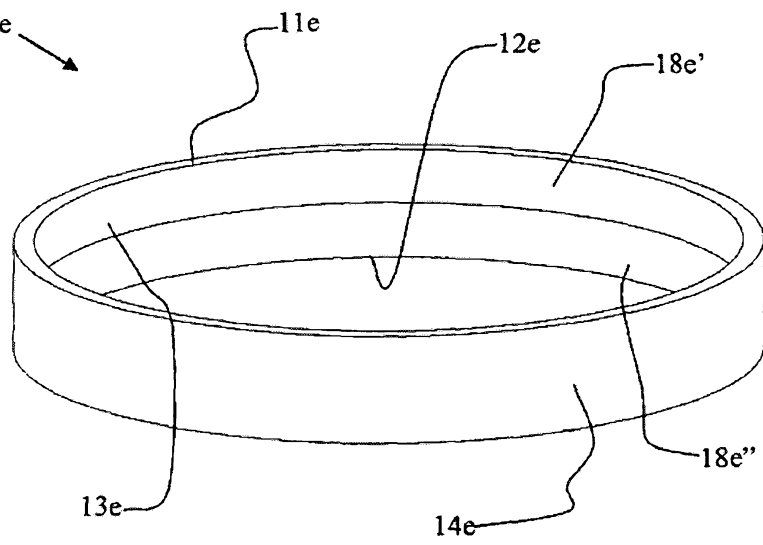


Figura 16

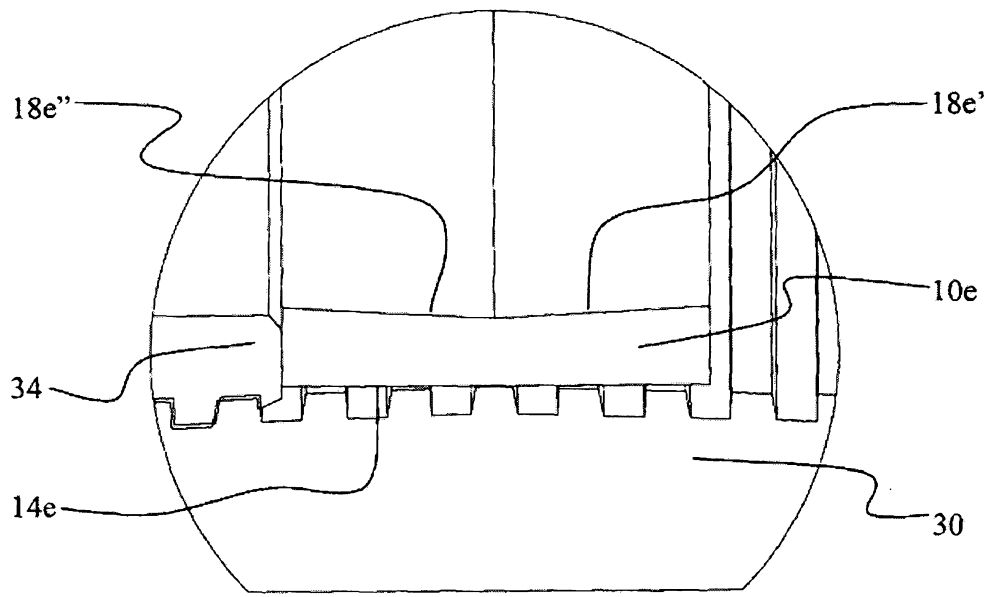


Figura 17

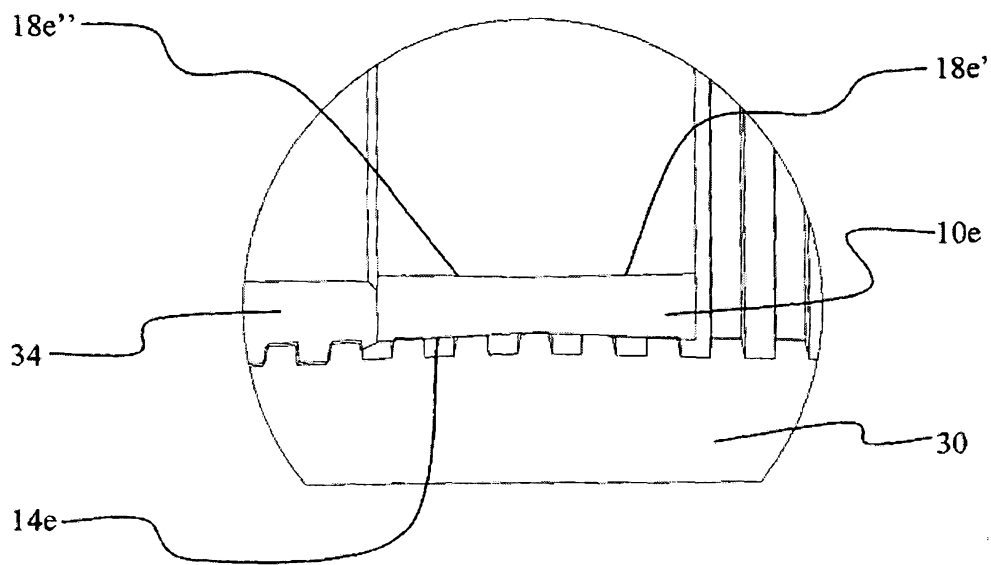


Figura 18

