



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 0720507-4 B1



(22) Data do Depósito: 20/12/2007

(45) Data de Concessão: 23/07/2019

(54) Título: CONEXÃO ROSQUEADA, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO ROSQUEADA COMPOSTA POR UMA ROSCA DE PINO E UMA ROSCA DE CAIXA

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

(30) Prioridade Unionista: 21/12/2006 US 11/614,655.

(73) Titular(es): HYDRIL COMPANY.

(72) Inventor(es): DAVID LLEWELLYN MALLIS; HARRIS A. REYNOLDS.

(86) Pedido PCT: PCT US2007088364 de 20/12/2007

(87) Publicação PCT: WO 2008/077143 de 26/06/2008

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/06/2009

(57) Resumo: CONEXÃO ROSQUEADA, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO ROSQUEADA COMPOSTA POR UMA ROSCA DE PINO E UMA ROSCA DE CAIXA Uma conexão rosqueada incluindo um membro de pino e um membro de caixa, e métodos para manufaturar e formar dita conexão. O membro de pino tem uma crista de rosca de pino, uma raiz de rosca de pino, um flanco de carga de pino, e um flanco de encaixe de pino. O membro caixa tem uma rosca de caixa com uma crista de rosca de caixa, uma raiz de rosca de caixa, um flanco de carga de caixa, e um flanco de encaixe de caixa. Pelo menos um de crista de rosca de pino, raiz de rosca de pino, flanco de carga de pino, flanco de encaixe de pino, crista de rosca de caixa, raiz de rosca de caixa, flanco de carga de caixa, e flanco de encaixe de caixa tem pelo menos uma perturbação formada neste. Em uma estrutura selecionada do membro pino com o membro caixa, existe uma folga reduzida entre a rosca de pino e rosca de caixa na ao menos uma perturbação.

**CONEXÃO ROSQUEADA, MÉTODO PARA PRODUZIR UMA CONEXÃO ROSQUEADA
COMPOSTA POR UMA ROSCA DE PINO E UMA ROSCA DE CAIXA**

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] As concretizações aqui divulgadas são relacionadas a roscas para tubos. Mais especificamente, as concretizações são relacionadas a roscas que tenham uma folga reduzida entre porções da rosca de pino e da rosca de caixa.

Histórico

[0002] As juntas de revestimento, camisas, tubulação de perfuração e colares de perfuração (coletivamente chamados de "tubulares") geralmente são usados para perfurar, concluir e produzir um poço. As juntas de revestimento, por exemplo, podem ser usadas em um furo para estabilizar uma formação, para proteger uma formação contra pressões elevadas de furos (por exemplo, pressões de furo que excederem uma formação de pressão) e outros. As juntas de revestimento podem ser encaixadas de ponta a ponta por conexões rosqueadas, conexões soldadas e outras conexões conhecidas na técnica. As conexões podem ser planejadas para formar um selo entre o interior das juntas de revestimento encaixadas e o espaço anular formado entre as paredes exteriores das juntas de revestimento e as paredes do furo. O selo pode ser, por exemplo, um selo de elastômero (por exemplo, um selo de anel em "O"), um selo de metal com metal formado próximo à conexão ou selos similares conhecidos na técnica. Em algumas conexões, os selos são formados entre as roscas internas e as externas. Diz-se que as conexões com essas características têm um "selo rosqueado". Conforme aqui usado, "um selo rosqueado" significa que um selo é formado entre ao menos

uma porção da rosca interna no membro caixa e a rosca externa no membro pino.

[0003] Entende-se que certos termos são usados aqui como seriam convencionalmente compreendidos onde as juntas tubulares estão conectadas em uma posição vertical por um eixo central dos membros tubulares, da mesma forma quando se ajusta uma coluna de tubo para baixar em um furo de poço. Portanto, o termo "flanco de carga" designa a lateral da superfície de uma parede de uma rosca que está oposta à extremidade externa do membro pino ou caixa respectivo no qual a rosca é formada e suporta o peso (ou seja, carga de tensão) do membro tubular mais baixo pendurado no furo do poço. O termo "flanco de encaixe" designa a lateral da superfície da parede da rosca, que está oposta à extremidade externa do respectivo membro pino ou caixa e suporta as forças comprimindo as juntas entre si, como peso do membro tubular superior durante o ajuste inicial da junta ou a força aplicada para empurrar um membro tubular inferior contra o fundo de um furo de sondagem (ou seja, força compressiva). O termo "face" da caixa é a extremidade do membro caixa de frente para fora das roscas da caixa e o termo "nariz" do pino é a extremidade do membro pino de frente para fora das roscas da conexão. Após o ajuste de uma conexão, o nariz do pino é perfurado em e através da caixa.

[0004] Um tipo de rosca normalmente usada para formar um selo rosqueado é a rosca de cunha. A Figura 1 mostra uma conexão com rosca de cunha. As "roscas de cunha" se caracterizam pelas roscas que aumentam a largura (por exemplo, distância de eixos entre os flancos de carga 225 e 226 e flancos de encaixe 232 e 231) em direções opostas no membro pino 101 e no membro caixa 102. As roscas de cunha estão amplamente expostas na Patente Norte-americana No.

RE 30,647 emitida para Blose, Patente Norte-americana No. RE 34,467, emitida para Reeves, Patente Norte-americana No. 4,703,954 emitida para Ortloff, e Patente Norte-americana No. 5,454,605 emitida para Mott, todas consignadas ao procurador da presente invenção e aqui incorporadas por referência. No membro pino 101, a crista da rosca do pino 222 é estreita até a extremidade distante do centro do membro pino 101, ao passo que a crista da rosca da caixa 291 é larga. Movendo-se pelo eixo 105 (da direita para a esquerda), a crista da rosca do pino 222 alarga-se enquanto a crista da rosca se reduz.

[0005] Geralmente, é difícil obter selos rosqueados com rosca livre com cristas e raízes amplas, no entanto, as mesmas formas rosqueadas podem ter selos rosqueados quando usadas para roscas de cunha. Várias formas de roscas podem ser usadas para as concretizações dispostas abaixo. Um exemplo de forma rosqueada adequada é uma forma rosqueada semi-dovetail disposta na Patente Norte-americana No. 5,360,239 emitida para Klementich e aqui incorporada por referência. Outras formas rosqueadas incluem um flanco de carga ou de encaixe com várias faces, conforme disposto na Patente Norte-americana No. 6,722,706 emitida para Church e aqui incorporada por referência.

[0006] Uma forma rosqueada aberta com forma praticamente retangular está disposta na Patente Norte-americana No. 6,578,880 emitida para Watts. Cada uma das formas rosqueadas acima são exemplos de formas rosqueadas que podem ser usadas para concretizações com roscas de cunha ou livres. Aqueles com habilidades ordinárias na técnica perceberão que as instruções aqui contidas não estão limitadas a formas rosqueadas particulares.

[0007] Para roscas de cunha, um selo de rosca é completado pela pressão de contato causada pela interferência em ao menos uma parte da conexão entre o flanco de carga do pino 226 e o flanco de carga da caixa 225 e entre o flanco de encaixe do pino 232 e o flanco de encaixe da caixa 231, o que ocorre quando a conexão é ajustada. Muita proximidade ou interferência entre as raízes 292, 221 e cristas 222, 291, respectivamente, conclui o selo rosqueado quando ocorre em ao menos uma parte de onde há interferência do flanco. Alta pressão pode ser contida com interferência crescente entre as raízes e as cristas ("interferência de raiz/crista") no membro pino 101 e no membro caixa 102 e aumentando a interferência no flanco. Essa conexão particular também inclui um selo de metal com metal que é completado pelo contato entre as superfícies de selagem 103 e 104 correspondentes localizadas no membro pino 101 e no membro caixa 102, respectivamente.

[0008] Uma propriedade de roscas de cunha, que normalmente não tem um flange de torque de parada positivo na conexão, é que a estrutura é "indeterminada" e, como resultado, a posição relativa do membro e caixa pino varia mais para um intervalo de torque dado a ser aplicado do que conexões com flange de torque de parada positivo. Conforme aqui usado, "estrutura" se refere a rosquear um membro pino e um membro caixa juntos. "Estrutura selecionada" se refere a rosquear o membro pino e o membro caixa juntos com uma quantidade de torque desejada ou com base em uma posição relativa (axial ou de circunferência) do membro pino com o membro caixa. Para roscas de cunha que são planejadas para ter interferência de flanco e interferência de raiz/crista em uma estrutura selecionada, tanto a interferência de flanco como a interferência de raiz/crista aumentam conforme a conexão é feita (ou seja, o aumento no torque

aumenta a interferência de flanco e de raiz/crista). Para roscas de cunha que são planejadas para ter folgas de raiz e crista, a folga diminui conforme a conexão é ajustada. Sem considerar o planejamento da rosca de cunha, os flancos correspondentes e raízes e cristas correspondentes se aproximam (ou seja, a folga diminui ou a interferência aumenta) durante a construção. Uma estrutura indeterminada permite que a interferência do flanco e que a interferência da raiz/crista seja aumentada ao aumentar o torque na conexão. Portanto, uma rosca de cunha pode ser capaz de selar pressões de gás e/ou líquido mais elevados ao planejar a conexão para ter mais interferência de flanco e/ou interferência de raiz/crista ou aumentando o torque na conexão, no entanto, isso também aumenta o estresse na conexão durante a construção, o que poderia levar à falha durante o uso.

[0009] Roscas livres usadas para conexões tubulares em campos petrolíferos geralmente não formam selos quando a conexão é construída. A Figura 2 mostra uma conexão de técnica anterior com várias roscas livres. As roscas livres incluem flancos de carga 154 e 155, flancos de encaixe 157 e 158, cristas 159 e 162 e raízes 160 e 161. Como é normal de uma conexão com roscas livres, esta conexão se apoia em um flange de torque de parada positiva formada pelo contato das superfícies 151 e 152 dispostas no membro pino 101 e no membro caixa 102, respectivamente. O flange de torque de parada positivo mostrado na Figura 2 é comumente chamado de "flange nariz de pino". Em outras conexões, o flange de torque de parada positiva pode, pelo contrário, ser formado pela face da caixa 163 e por um flange acasalado (não mostrado) no membro pino 101. O flange de torque de parada positiva pode prover um selo. Ao contrário de roscas de cunha, que são ajustadas pela obstrução da

rosca do pino e da rosca da caixa, as roscas livres se apoiam no flange de torque de parada positiva para carregar as conexões durante a construção. Para construir a conexão mostrada da Figura 2, o membro pino 101 e o membro caixa 102 são aparafusados até que as superfícies 151 e 152 estejam resistentes, ponto no qual o flanco de carga 154 do pino e o flanco de carga 155 do pino também estão resistentes. Aplica-se torque adicional ao membro pino 101 e ao membro caixa 102 para carregar as superfícies 151 e 152 e o flanco de carga 154 do pino e o flanco de carga 155 da caixa até que a quantidade desejada de torque de ajuste seja aplicada à conexão.

[0010] A conexão mostrada na Figura 2 não completa um selo rosqueado por causa da grande abertura 153 que há entre o flanco de encaixe do pino 157 e o flanco de encaixe da caixa 158. A abertura 153 ocorre por causa de como as roscas livres com flanges de torque de parada positivos são carregadas. Aplicar torque à conexão durante o ajuste contra o flange de torque de parada positivo faz com que o membro pino 101 seja comprimido enquanto o membro caixa 102 é esticado na tensão. Observe que quando se usa um flange de face de caixa, o membro caixa 102 é comprimido enquanto o membro pino 101 é esticado na tensão. A força entre o membro pino 101 e o membro caixa 102 é aplicada através do flanco de carga do pino 154 e o flanco de carga da caixa 155. O flanco de encaixe do pino 157 e o flanco de encaixe da caixa 158 não são carregados durante a construção. Isso resulta na pressão de contato entre os flancos de carga 154 e 155 e uma abertura entre os flancos de encaixe 157 e 158. Como discutido acima, uma rosca de cunha (como mostrado na Figura 1) é capaz de formar um selo de rosca em parte por causa da interferência entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 232 e 231. Para roscas de cunha, isso ocorre próximo

à extremidade da estrutura da conexão por causa largura variante da rosca do pino e da rosca da caixa. Para ter interferência similar entre os flancos de carga 154 e 155 e os flancos de encaixe 157 e 158 em uma rosca livre cilíndrica (ou seja, não-estreita), a interferência existiria substancialmente pela estrutura da conexão porque a rosca do pino e a rosca da caixa têm uma largura contínua. Além disso, a interferência de raiz/crista, se houver, ocorreria substancialmente pela estrutura da conexão da conexão. Isso poderia conduzir a danos nas roscas e a dificuldades para construir a conexão.

[0011] A variação na largura da rosca em uma rosca de cunha ocorre pelo fato de os flancos de carga terem avanços diferentes dos flancos de encaixe. Um avanço de rosca pode ser quantificado em polegadas por rotação. Observe que isso é o inverso de um termo comumente usado, "passo da rosca", que é comumente quantificado em roscas por polegada. Na Figura 3A, é mostrado um gráfico dos avanços para uma técnica anterior de rosca de cunha. Para essa conexão, o avanço da carga 14 é constante na largura da conexão e maior do que a carga de encaixe 12, que também é constante. O avanço nominal é mostrado no item 10. Conforme aqui usado, "avanço nominal" se refere ao avanço da carga 14 e ao avanço de encaixe 12. A rosca alargará com cada rotação pela diferença no avanço de carga 14 e no avanço de encaixe 12. A diferença no avanço da carga 14 e no avanço de encaixe 12 algumas vezes é chamada de "razão de cunha". Para uma rosca livre (ou seja, rosca de não-cunha), o avanço de carga 14 e o avanço de encaixe 12 seria substancialmente igual, fazendo com que a rosca livre tenha uma largura de rosca substancialmente constante (ou seja, uma proporção de cunha de zero).

[0012] Geralmente, uma rosca é cortada em um tubular usando um avanço de rosca substancialmente constante (incluindo o avanço de carga e o avanço de encaixe), no entanto, ocorre alguma variação na carga da rosca durante o processo de produção, que normalmente inclui usinagem com um fresador ou torno mecânico. Durante a usinagem, a variação no avanço da rosca se manifesta como uma variação mínima periódica no avanço de rosca acima e abaixo do valor pretendido para o avanço da rosca. Esse fenômeno é comumente chamado de "embriaguez da rosca". A quantidade de embriaguez da rosca que ocorre depende muito da máquina sendo usada. Pode ser causada por umidade ou recuo na máquina ferramenta que está cortando a rosca. O material sendo maquinado e as dimensões da peça sendo maquinadas também são variáveis que afetam a quantidade de embriaguez de rosca. A embriaguez de rosca também pode ocorrer como resultado dos controles eletrônicos "caçando" o local para a máquina ferramenta. Normalmente, a embriaguez da rosca é na ordem de 0,00127 mm para 0,0127 mm (0,00005 polegadas para 0,0005 polegadas) do nominal e não é visível ao olho. O período da embriaguez da rosca normalmente é ao menos uma vez por turno de rosca. Embriaguez da rosca acima do normal pode ser percebida através de "ruído" na superfície da rosca e pode resultar na inutilização da conexão. Geralmente, os fabricantes tentam eliminar quaisquer variações da nominal, como as experimentadas com embriaguez da rosca.

[0013] Foram reveladas variações propositais no avanço da rosca na técnica anterior para os propósitos da distribuição de carga, no entanto, a presente invenção não tem ciência das variações em avanços de carga para formar um selo de rosca para uma rosca de cunha ou rosca livre. Um exemplo de avanço de rosca variado por

distribuição de estresse está revelado na Patente Norte-americana No. 4.582.348, emitida para Dearden, et al, incorporada aqui por referência em sua totalidade. Dearden revela uma conexão com roscas livres cuja rosca de pino e rosca de caixa são divididas em três partes com diferentes avanços (observe que Dearden se refere ao passo de rosca, que é quantificado em roscas por polegada). Na Figura 3B, é mostrado um gráfico dos avanços de rosca para o membro caixa e o membro pino. Movendo-se pelo eixo 105 (da direita para a esquerda), a crista da rosca do pino 21 alarga-se enquanto a crista da rosca se reduz. Na parte intermediária 23, o avanço de rosca de pino 21 e o avanço de rosca de caixa 22 são substancialmente iguais. Na outra extremidade da conexão, o avanço de rosca de caixa 22 é maior do que o avanço de rosca do pino 21. Em Dearden, as mudanças no avanço de rosca de pino 21 e no avanço de rosca de caixa 22 são mudanças de passo (ou seja, mudanças substancialmente instantâneas no avanço). Os avanços de rosca variados revelados por Dearden têm o objetivo de distribuir carga em uma parte maior da conexão e não ter efeito na incapacidade das roscas livres de formarem um selo de rosca. Dearden não discute avanço de carga variável ou avanço de encaixe separado um do outro.

[0014] Outra conexão é discutida na Patente Norte-americana No. 6.976.711, intitulada "Conexão rosqueada especialmente para conduíte expansível radial e plasticamente" ("Sivley"), emitida para o procurador da presente invenção e aqui incorporada por referência em sua totalidade. Sivley discute as conexões com variação no avanço de carga e/ou avanço de encaixe em um ou ambos dentre o membro pino e o membro caixa. Na Figura 3C, é mostrado um gráfico de uma concretização discutida por Sivley. Sivley discute a variação do avanço de carga 14 relativa ao avanço do

encaixe 12 em uma taxa selecionada em ao menos uma parte da rosca do pino e/ou rosca da caixa. Na Figura 3C, a conexão é uma rosca de cunha conforme mostrado pela diferença entre o avanço de carga 14 e o avanço de encaixe 12. O avanço de carga 14 e o avanço de encaixe 12 convergem em uma taxa linear para a extremidade da rosca. Sivley discute várias outras concretizações com avanços de carga 14 e avanços de encaixe 12 que variam em taxas lineares relativas umas às outras. A variação nos avanços da rosca distribui as cargas experimentadas pela conexão pela sua largura.

[0015] Na técnica anterior, roscas livres adequadas para tubulares em campos petrolíferos não oferecem selos de rosca adequados para os diferenciais de pressão experimentados pelos tubulares no ambiente do furo. Roscas de cunha oferecem selos de rosca, mas têm dificuldade para selar gases, que são mais difíceis de serem selados do que fluidos. Além disso, qualquer melhoria no selo de rosca é desejado de forma geral. Ainda se precisa de um selo de rosca para roscas livres um selo de rosca melhorado para roscas de cunha.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0016] Em um aspecto, as concretizações aqui discutidas são relacionadas à conexão rosqueada com membro pino e membro caixa. O membro pino tem uma rosca de pino com uma crista de rosca de pino, uma raiz de rosca de pino, um flanco de carga de pino e um flanco de encaixe de pino. O membro caixa tem uma rosca de caixa com uma crista de rosca de caixa, uma raiz de rosca de caixa, um flanco de carga de caixa e um flanco de encaixe de caixa. Ao menos um dentre a crista de rosca de pino, flanco de carga de pino, flanco de encaixe de pino, crista de rosca de caixa, flanco de carga de caixa e flanco de encaixe de caixa tem uma perturbação formada. Há uma folga

reduzida entre a rosca de pino e a rosca de caixa em ao menos uma perturbação na estrutura selecionada do membro pino com o membro caixa.

[0017] Em outro aspecto, as concretizações aqui discutidas são relacionadas a um método de formação de selo rosqueado em uma conexão. A conexão inclui um membro pino e um membro caixa, onde o membro pino inclui uma rosca de pino com crista de rosca de pino, uma raiz de rosca de pino, um flanco de carga de pino e um flanco de encaixe de pino e um membro caixa que inclui uma caixa com crista de rosca de caixa, uma raiz de rosca de caixa, um flanco de carga de caixa e um flanco de encaixe de caixa. O método inclui a formação de ao menos uma perturbação em ao menos um dentre crista de rosca de pino, flanco de carga de pino, flanco de encaixe de pino, crista de rosca de caixa, flanco de carga de caixa e flanco de encaixe de caixa de forma que haja uma folga entre a rosca de pino e a rosca de caixa em menos uma perturbação na estrutura selecionada do membro pino com membro caixa.

[0018] Em mais outro aspecto, as concretizações aqui discutidas são relacionadas a um método para produzir uma conexão rosqueada com uma rosca de caixa e uma rosca de pino. O método pode incluir a) formação de ao menos uma perturbação em menos um dentre crista de rosca de pino, flanco de carga de pino, flanco de encaixe de pino, flanco de carga de caixa e flanco de encaixe de caixa e b) redução da folga entre a rosca de pino e a rosca de caixa em um local de ao menos uma perturbação.

[0019] Outros aspectos e vantagens da invenção transparecerão a partir das seguintes descrições e reivindicações anexas.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0020] A Figura 1A mostra um corte transversal de uma conexão de técnica anterior com uma rosca de cunha.

[0021] A Figura 1B mostra um corte transversal ampliada de uma conexão de técnica anterior com uma rosca de cunha.

[0022] A Figura 2 mostra um corte transversal de uma conexão de técnica anterior com uma rosca livre.

[0023] As Figuras 3A, 3B e 3C mostram gráficos de avanços de rosca para conexões de técnica anteriores.

[0024] A Figura 4A mostra um gráfico de avanços de rosca de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0025] A Figura 4B mostra uma porção de roscas abertas correspondentes ao gráfico mostrado na Figura 4A.

[0026] A Figura 5A mostra um gráfico de um avanço de rosca de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0027] As Figuras 5B e 5C mostram uma porção de roscas abertas correspondentes ao gráfico mostrado na Figura 5A.

[0028] A Figura 6A mostra um gráfico de um avanço de rosca de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0029] A Figura 6B mostra uma porção de roscas abertas correspondentes ao gráfico mostrado na Figura 6A.

[0030] A Figura 7A mostra um gráfico de um avanço de rosca de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0031] A Figura 7B mostra uma porção de roscas abertas correspondentes ao gráfico mostrado na Figura 7A.

[0032] A Figura 8 mostra um gráfico de avanços de rosca de acordo com cortes transversais correspondentes de roscas de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0033] A Figura 9 mostra um gráfico de avanços de rosca de acordo com cortes transversais correspondentes de roscas de acordo com uma concretização aqui discutida.

[0034] A Figura 10 mostra um gráfico de avanços de rosca de acordo com cortes transversais correspondentes de roscas de acordo com uma concretização aqui discutida.

DESCRIÇÃO DETALHADA

[0035] As concretizações aqui divulgadas são relacionadas a roscas para tubos. Mais especificamente, as concretizações são relacionadas a roscas que tenham uma folga reduzida entre porções da rosca de pino e da rosca de caixa.

[0036] Para o propósito de clareza, vários termos serão explicitamente definidos abaixo. Conforme aqui usado, "avanço de rosca" se refere de forma geral ao grupo de avanços que consistem o avanço de carga, o avanço de encaixe e o avanço nominal.

[0037] Conforme aqui usado, "perturbação" se refere ao desvio em um caminho original do flanco de carga, do flanco de encaixe, da raiz ou da crista na rosca de modo que há formação de uma protuberância. Após a perturbação, o caminho retorna ao menos parcialmente para o caminho original antes da perturbação.

[0038] Conforme aqui usado, "extensão helicoidal" se refere ao número de giros da rosca que o interruptor dispõe e pode ser expressa pelo número de graus sobre o eixo do tubular (ou seja, 360 graus corresponde a um passo de rosca).

[0039] As concretizações aqui discutidas têm variações em ao menos uma rosca sobre ao menos uma parte de uma rosca de modo que a pressão de contato entre os flancos acasalados de carga e/ou flancos acasalados de encaixe varia. Algumas concretizações também podem variar a altura de uma rosca (medida da raiz até a crista) para formar um selo de rosca. Incrementos na pressão de contato aumentam a pressão de selagem máxima que pode ser alcançada pelo selo de rosca no local da perturbação. Podem ser usadas diminuições na pressão de contato para obter locais para que fique uma quantidade maior de lubrificante de rosca entre a rosca do pino e a rosca da caixa após a construção da conexão.

[0040] Considerando a Figura 4A, é mostrado um gráfico de avanços de rosca versus posição axial de acordo com uma concretização aqui discutida. A Figura 4B mostra uma rosca de cunha aberta correspondente ao gráfico da Figura 4A. O gráfico na Figura 4A mostra o avanço de carga da caixa 14B e o avanço de encaixe da caixa 12B em relação ao avanço de carga do pino 14A e avanço de encaixe do pino 12A. Nesta concretização, a rosca de pino tem um avanço de carga 14A e um avanço de encaixe 12A substancialmente constantes na parte ilustrada, enquanto a rosca de caixa tem perturbações causadas pelas variações no avanço de carga 14B e no avanço de encaixe 12B. Aqueles com habilidades ordinárias na técnica perceberão que, em outra concretização, as perturbações podem, ao contrário, ser localizadas na rosca de pino.

[0041] Na Figura 4A, uma perturbação da rosca de caixa começa nos pontos A1 e A2, onde o avanço de carga da caixa 14 diminui e o avanço de encaixe da caixa 12B aumenta. A mudança correspondente na forma da rosca é mostrada na Figura 4B. Nos pontos A1 e A2, o flanco de carga da caixa 226 e o flanco de encaixe da caixa 231

começam a "incomodar" a rosca de pino. Nos pontos B1 e B2, o avanço de carga da caixa 14B e o avanço de encaixe da caixa 12B retornam para os valores originais. Isso continua por uma extensão helicoidal selecionada, resultando em uma porção da rosca de caixa e da rosca de pino com pressão de contato maior ao construir a conexão. Nos pontos C1 e C2, o avanço de carga da caixa 14B aumenta e o avanço de encaixe da caixa 12B diminui.

[0042] Entre os pontos C1, C2 e os pontos D1 e D2, o flanco de carga da caixa 226 e o flanco de encaixe da caixa 231 retornam substancialmente ao caminho original antes do início da perturbação. Em uma concretização, um ou ambos dentre o flanco de carga de caixa 226 e flanco de encaixe de caixa 231 podem não retornar completamente ao caminho original. Além disso, em uma concretização, mudanças no valor máximo e no valor mínimo no avanço de rosca podem não ser iguais em magnitude. Por exemplo, um avanço de rosca pode aumentar "x" em relação ao avanço de rosca original para uma extensão helicoidal "L". Para retornar ao caminho original, o mesmo avanço de rosca pode diminuir $V4 \cdot x$ do avanço de rosca original para uma extensão helicoidal de $2L$. Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que muitas variações de perturbações podem ser produzidas sem sair do escopo da presente invenção. Em uma concretização, a perturbação pode ter uma extensão helicoidal que seja menor que 360 graus. Em outra concretização, a perturbação pode ter uma extensão helicoidal que seja menor que 180 graus.

[0043] As Figuras 4A e 4B mostram um exemplo exagerado de uma perturbação de rosca para propósitos ilustrativos. A rosca de cunha na Figura 4B é parcialmente construída de modo que o único ponto de contato entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de

encaixe 231 e 232 está em perturbação entre os pontos B1, B2 e os pontos C1 e C2. O espaço entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 é exagerada para ser visível na Figura 4B. Em uma concretização, a mudança no avanço de rosca e na extensão helicoidal nas quais continua pode ser selecionada de modo que a perturbação seja entre 0,0127 mm (0,0005 polegadas) e aproximadamente 0,127 mm (0,005 polegadas) em tamanho. Em outra concretização, a perturbação pode ser entre aproximadamente 0,0254 mm (0,001 polegada) e aproximadamente 0,0508 mm (0,002 polegadas) em tamanho. Como a conexão na Figura 4B foi construída após o ponto inicial de contato na perturbação, o espaço entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 desaparecerá conforme a pressão de contato nas perturbações deforme a rosca em um local particular. Após a conexão ser construída para um torque desejado ou posição relativa do membro pino e do membro caixa, haverá maior pressão de contato entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 nas perturbações na Figura 4B entre os pontos A1 e A2 e os pontos D1 e D2 do que nas partes restantes das roscas.

[0044] A extensão helicoidal de cada perturbação pode variar conforme desejado, no entanto, o método de produção pode limitar a variabilidade da extensão helicoidal. Por exemplo, em uma concretização, pode-se usar um torno mecânico controlado numericamente por computador ("CNC", do inglês *computer numerically controlled*). Máquinas CNC podem ser controladas por programas CNC. Normalmente, o programa CNC consiste de posições para cada eixo de controle. Por exemplo, se o torno mecânico CNC tem uma posição axial e uma posição rotacional, o programa teria um valor de posição axial correspondente a cada posição rotacional.

Como o torno mecânico CNC geralmente está em rotação a uma velocidade medida em rotações por minuto ("RPM"), o programa CNC normalmente tem as posições rotacionais em ordem e em incrementos determinados, pois a peça é rotacionada na máquina. Os incrementos aos quais as posições rotacionais são espaçadas são geralmente chamados de "resolução" do torno mecânico.

[0045] Por exemplo, se a resolução for de aproximadamente 90 graus, haverá um ponto dados para cada incremento sequencial de aproximadamente 90 graus. Será selecionada uma posição axial para cada incremento. Normalmente, o torno mecânico CNC moverá a posição axial em uma velocidade substancialmente constante entre os pontos. A velocidade é selecionada conforme necessário para alcançar a próxima posição axial substancialmente ao mesmo tempo em que a posição rotacional correspondente. O avanço de rosca pode ser selecionado calculando o valor para os incrementos de modo que a posição axial avance uma distância substancialmente igual ao avanço da rosca para cada rotação. Por exemplo, um avanço de 25,4 mm (1 polegada) por rotação avançaria 6,35 mm (1/4 de polegada) a cada 90 graus. Aqueles com habilidades ordinárias na técnica serão capazes de aplicar as instruções acima para uso com outros métodos de produção. Por exemplo, é possível usar um fresador CNC com 4 eixos de controle (X, Y, Z e rotacional).

[0046] A resolução da máquina usada pode limitar a extensão helicoidal mínima de uma perturbação. Continuando com o exemplo de 90 graus, a perturbação mínima seria de aproximadamente 180 graus (90 graus de avanço aumentado e 90 graus de avanço diminuído). Se a pressão máxima de contato for desejada por uma extensão longa (similar às Figuras 4A e 4B), então a extensão helicoidal mínima da perturbação seria de aproximadamente 270 graus (90 graus de

avanço aumentado, 90 graus no avanço original, 90 graus no avanço diminuído). Maior resolução (ou seja, incrementos rotacionais menores) permite maior variabilidade na extensão helicoidal da perturbação. Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que máquinas com resolução mais alta ou mais baixa podem ser usadas para formar as perturbações sem sair do escopo da presente invenção.

[0047] O método de produção e, em particular, a máquina específica, usado para formar as roscas com perturbações afetarão a forma e tamanho real das perturbações. A Figura 5A mostra um gráfico de um avanço de carga de pino 14 em relação à posição axial de acordo com uma modalidade aqui discutida. A Figura 5B mostra o escopo idealizado da perturbação correspondente ao gráfico na Figura 5A, enquanto a Figura 5C mostra o que pode ser a forma real da perturbação como um resultado da máquina usada. Na Figura 5A, o avanço de carga de pino 14A aumenta em uma quantidade selecionada no ponto A para obter maior pressão de contato entre o flanco de carga do pino 225 e o flanco de carga de caixa 226. Então, o avanço de carga de pino 14 retorna ao avanço de carga de pino 14A original no ponto B. No Ponto C, o avanço de carga de pino 14A diminui aproximadamente a mesma quantidade que o aumento anterior para retornar o flanco de carga de pino 225 a aproximadamente o seu caminho original no ponto D. De maneira ideal, o flanco de carga de pino 225 correspondente ao gráfico do avanço de carga de pino 14A na Figura 5A seria substancialmente como mostrado na Figura 5B. Na Figura 5B, o flanco de carga de pino 225 muda instantaneamente no ponto A e em uma inclinação linear constante (aproximadamente igual à mudança no avanço de carga de pino 14A mostrado na Figura 5A) até o ponto B. Então, no ponto C, o flanco

de carga de pino 225 começa a retornar ao seu caminho original até o ponto D. O momento das peças móveis e o tempo de resposta nos controles pode resultar em uma perturbação polida, como mostrado na Figura 5C. Em algumas concretizações, a curvatura pode ser substancialmente senoidal. Apesar de a forma precisa da perturbação pode variar de acordo com o método de produção, os benefícios da pressão de contato aumentada ainda podem ser notados.

[0048] Em uma concretização, uma perturbação pode ser formada durante o passo final ("corte de superfície") da rosca. Conforme aqui usado, um corte de superfície se refere a um corte em uma rosca subsequente ao primeiro corte. Normalmente, um corte de superfície remove 0,508 mm (0,020 polegadas) ou menos de material. Como menos material é removido durante o corte de superfície, é possível obter maiores tolerâncias de usinagem para o tamanho da perturbação. Deve-se observar, no entanto, que a perturbação usinada pode ser menor em tamanho que a que foi codificada no programa CNC. Isso se dá grandemente devido à partida da ferramenta máquina da rosca ao cortar. Como resultado, se uma perturbação de 0,0508 mm (0,002 polegadas) for codificada no programa CNC, a perturbação real pode ser de apenas 0,01905 mm (0,00075 polegadas). Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que as características da máquina específica resultarão em variações entre a perturbação que é entrada e o tamanho de perturbação resultante. A discrepância pode ser corrigida para uma máquina selecionada aumentando o tamanho das perturbações de entrada para resultar no tamanho de perturbação desejado quando se sabe a precisão da máquina selecionada.

[0049] Considerando a Figura 6A, é mostrado um gráfico de um avanço de carga de caixa 14B em relação à posição axial de acordo

com uma modalidade aqui discutida. A Figura 6B mostra o flanco de carga de caixa 226 correspondente. Na Figura 6B, a forma da perturbação é ligeiramente curvada como resultado da máquina usada para formar a rosca. Para obter pressão de contato maior entre o flanco de carga de pino 225 e o flanco de carga de pino 226, o avanço de carga de caixa 14B diminui no ponto A. Observe que isso é o contrário da Figura 5A, que mudou o avanço de carga de pino 14A para formar a perturbação. Visualizar as Figuras 5A e 6A em relação entre si mostra que tanto a rosca de pino ou rosca de caixa podem ter uma perturbação para alcançar e aumentar a pressão de contato em um local selecionado nas roscas. Reduzir o avanço de carga de caixa 14B gera substancialmente o mesmo resultado de aumentar o avanço de carga de pino 14A. Conforme mostrado na Figura 4A, a mudança nos avanços de encaixe 12A e 12B é o inverso dos avanços de carga 14A e 14B. Por exemplo, para ter perturbações no flanco de carga de pino 225 e no flanco de encaixe de pino 232 em uma concretização, o avanço de carga de pino 14A pode aumentar e o avanço de encaixe de pino 12A pode diminuir aproximadamente na mesma posição axial. Essencialmente, a rosca de pino alargaria, causando pressão de contato maior entre a rosca de caixa vizinha. Para ter substancialmente o mesmo efeito com perturbações no membro caixa, o avanço de carga de caixa 14B e o avanço de encaixe de caixa 12 podem diminuir como mostrado na Figura 4A.

[0050] Nas Figuras 7A e 7B, é mostrada uma perturbação de acordo com uma concretização aqui discutida. A Figura 7A mostra um gráfico de um avanço de carga de pino 14 em relação à posição axial de acordo com uma modalidade aqui discutida. Nesta concretização, o avanço de carga de pino 14A aumenta no ponto A em uma quantidade selecionada. No ponto B, o avanço de carga de pino 14A diminui a

mesma quantidade selecionada abaixo do avanço de carga de pino 14A original. A perturbação termina no ponto C, onde o flanco de carga de pino 225 retorna ao seu caminho original aproximado. A perturbação correspondente mostrada na Figura 7B é semelhante a uma protuberância arredondada.

[0051] Considerando a Figura 8, são mostradas várias perturbações de acordo com uma concretização aqui discutida. A Figura 8 inclui um gráfico do avanço de carga de pino 14A e do avanço de encaixe de pino 12A. A concretização mostrada na Figura 8 pode ser chamada de "embriaguez de rosca induzida" porque se assemelha ao efeito de vibração de usinagem como discutido acima. A embriaguez da rosca pode ser "induzida" programando as mudanças de avanço da rosca no programa CNC. Na Figura 8, a embriaguez induzida da rosca começa nos pontos 801A e 801B, onde tanto o avanço de carga de pino 14A (chamado de "avanço de carga de pino instantâneo nesta concretização) e o avanço de encaixe de pino 12A (chamado de "avanço de carga de caixa instantâneo nesta concretização) começam a variar para mais e para menos, fazendo com que o flanco de carga de pino 225 e o flanco de encaixe de pino 232 fiquem com ondulações. Para ter embriaguez positiva e negativa iguais, o aumento inicial no avanço de carga de pino 14A e no avanço de encaixe de pino 12A podem ter uma extensão helicoidal de L, então a diminuição subsequente no avanço de carga de pino 14A e no avanço de encaixe de pino 12A podem ter uma extensão helicoidal de 2L de modo que o flanco de carga de pino 225 e o flanco de encaixe de pino 232 cruzem os seus caminhos originais. Para retornar aos seus caminhos originais nos pontos 802A e 802B, o aumento total no avanço de carga de pino 14A e no avanço de encaixe de pino 12A multiplicado pelas extensões helicoidais dos avanços de rosca elevados devem

ser substancialmente iguais às diminuições totais no avanço de carga de pino 14A e no avanço de encaixe de pino 12A multiplicado pelas extensões helicoidais.

[0052] Por exemplo, na Figura 8, o avanço de carga de pino 14A e o avanço de encaixe de pino 12A são menores que a média de avanço de carga de pino 810 e que o avanço de encaixe de pino 811, respectivamente, para um total de 5L na extensão helicoidal. O flanco de carga de pino 225 e o flanco de encaixe 232 retornam aos seus caminhos originais nos pontos 802A e 802B após o avanço de carga de pino 14A e o avanço de encaixe de pino 12A terem média acima do avanço de carga de pino 810 e do avanço de encaixe de pino 811, respectivamente, para um total de 5L na extensão helicoidal. Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que as extensões helicoidais podem não ser necessárias para serem equivalentes se em qualquer ponto os valores absolutos de diminuições ou aumentos no avanço de carga de pino 14A e avanço de encaixe de pino 12A não forem iguais. Por exemplo, em uma modalidade, os aumentos no avanço de carga de pino 14A podem ser de aproximadamente 0,0508 mm (0,002 polegadas) por rotação acima da média do avanço de carga de pino 810 e as diminuições no avanço de carga de pino 14A podem ser de aproximadamente 0,0254 mm (0,001 polegada) por rotação abaixo da média do avanço de carga de pino 810. Nessa modalidade, a extensão helicoidal de diminuições no avanço de carga de pino 14A pode ser aproximadamente duas vezes maior que a extensão helicoidal de aumentos no avanço de carga de pino 14A para retornar ao caminho original do flanco de carga de pino 225. Em outras palavras, algumas concretizações podem variar assimetricamente da nominal. Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que os aumentos e

diminuições nos avanços de rosca, assim como suas respectivas extensões helicoidais, podem variar sem sair do escopo da presente invenção. Além disso, as concretizações podem ter perturbações que não retornam completamente para os seus caminhos originais.

[0053] Continuando com a Figura 8, são mostrados os cortes transversais de roscas correspondentes ao gráfico. Os cortes transversais estão classificados como A, B e C, o que corresponde aos pontos A, B e C no gráfico. A rosca de cunha na Figura 4B é parcialmente construída de modo que o único ponto de contato entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 esteja nas perturbações. Nesta concretização particular, as perturbações positivas e negativas são iguais em valor absoluto de modo que o contato ocorre em cada máximo e mínimo das perturbações substancialmente na mesma posição da construção. Esse contato é mostrado nos cortes transversais A e C, que estão em um local mínimo e em um local máximo respectivamente. Nos locais mínimos das perturbações (corte transversal A), os flancos de encaixe 231 e 232 estão em contato. Nos locais máximos das perturbações (corte transversal C), os flancos de carga 225 e 226 estão em contato. No avanço de carga de pino 810 médio e no avanço de carga de pino 811 médio (ou seja, caminhos originais), os espaços entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 podem ser substancialmente iguais, o que é mostrado no corte transversal B.

[0054] Como a conexão na Figura 8 foi construída após o ponto inicial de contato nas perturbações, o espaço entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 desaparecerá conforme a pressão de contato nas perturbações deforme a rosca em um local particular. Após a conexão ser construída para um torque

desejado ou posição relativa do membro pino e do membro caixa, haverá maior pressão de contato entre os flancos de carga 225 e 226 e os flancos de encaixe 231 e 232 nos máximos e nos mínimos das perturbações do que nas partes restantes das roscas. Além disso, como discutido anteriormente, o espaço entre as raízes 292 e 221 e as cristas 291 e 222, respectivamente, também diminuirão ou fecharão completamente quando a conexão for construída.

[0055] Considerando a Figura 9, são mostradas várias perturbações de acordo com uma concretização aqui discutida. A Figura 9 inclui um gráfico do avanço de carga de pino 14A e do avanço de encaixe de pino 12A. A concretização mostrada na Figura 9 é similar à "embriaguez induzida de rosca" mostrada na Figura 8, com a exceção de que o avanço de carga de pino 14A e o avanço de encaixe de pino 12A não aumentam e diminuem em harmonia. Pelo contrário, o avanço de carga de pino 14A e o avanço de encaixe de pino 12A aumentam e diminuem em locais opostos de modo que a rosca de pino alarga e se estreita com cada uma das perturbações. Em outras palavras, nesta concretização, o avanço de carga de pino 14A é maior que a média de avanço de carga 810 substancialmente nos mesmos locais onde o avanço de encaixe de pino 12A é menor do que a média de encaixe 811. Um aumento no avanço de carga de pino 14A combinado com uma diminuição no avanço de encaixe de pino 12A alarga a rosca (veja o corte transversal A), enquanto uma diminuição no avanço de carga de pino 14A combinado com um aumento no avanço de encaixe de pino 12A diminui a rosca (veja o corte transversal B). Durante a construção da conexão, o contato entre os flancos ocorreria nas partes com extensão maior como mostrado no corte transversal A. Quando o contato está em partes mais largas, os espaços entre os flancos ainda existem nas partes mais estreitas como mostrado no

corte transversal B. Após a construção selecionada da conexão, substancialmente todos os espaços entre os flancos desaparecerão e conexão terá aumentado a pressão de contato entre os flancos nas partes mais largas.

[0056] Considerando agora a Figura 10, são mostradas várias perturbações de acordo com uma concretização aqui discutida em uma rosca livre. A Figura 10 representa esquematicamente uma rosca de caixa 310 e uma rosca de pino 311 em uma construção. Como tal, a rosca de pino 311 inclui um flanco de encaixe 306, um flanco de carga 304 e uma extremidade de nariz de pino 300. De maneira similar, a rosca de caixa 310 inclui um flanco de encaixe 305, um flanco de carga 303 e uma extremidade de face de caixa 301. Observe que a rosca de caixa 310 é mostrada duas vezes em ambos os lados da rosca de pino 311 para melhor ilustrar a folga entre os flancos de encaixe e de carga (305 e 306; 303 e 304) da rosca de pino 311 e da rosca de caixa 310.

[0057] As roscas livres podem ter muitas formas de rosca diferentes, incluindo roscas tipo V, roscas de apoio e roscas curvadas. As concretizações aqui discutidas são úteis em todos os tipos de roscas livres, mas são particularmente mais proveitosos quando usados em uma conexão de rosca curvada com ao menos um selo de metal com metal radial. Os selos radiais de metal com metal geralmente estão localizados nas extremidades distantes do centro da conexão, ou seja, no nariz do pino (para selar a pressão interna) (como mostrado na Figura 2 e descrito acima sobre a interface de superfícies de contato 151 e 152) ou na face da caixa (para selar pressão externa) (como mostrado na Figura 2, e descrito acima, entre a face da caixa 163 e um flange acasalado (não mostrado)). Sob carga axial compressiva, as conexões de rosca curvada podem

criar vetores de força radial (devido aos ângulos de flanco negativos das roscas curvadas), o que reduz o pré-carregamento em selos de metal com metal radiais, fazendo com que os selos vazem. É desejável, portanto, reduzir os vetores de força radial devido ao carregamento compressivo na região de selos de metal com metal radiais.

[0058] Também pode ser desejável reduzir a folga no flanco de encaixe (mostrado como espaço 153 na Figura 2 e descrito acima) para que a conexão possa carregar cargas compressivas sem movimento axial relativo indevido entre o pino e a caixa, pois isso também pode descarregar um selo de metal com metal. No entanto, reduzir a folga no flanco de encaixe na região de um selo radial tende a intensificar o problema de selos radiais vazando sob carga compressiva, particularmente porque um dos membros (caixa ou pino) é sempre mais fino nas extremidades distantes do centro onde os selos radiais geralmente estão localizados e serão deformados facilmente sob um vetor de força radial. Consequentemente, pode ser especialmente desejável ter folga maior no flanco de encaixe nas extremidades distais de uma conexão de rosca curvada com selos de metal com metal, enquanto se reduz a folga no flanco de encaixe no meio da espiral da rosca.

[0059] Ainda em relação à Figura 10, a conexão construída inclui uma seção de meia-rosca 302 entre um ponto B no flanco de encaixe de pino 306 e um ponto C no flanco de encaixe de caixa 305. Apesar de a seção de meia-rosca 302 ser mostrada localizada aproximadamente equidistante da extremidade do nariz do pino 300 e da face de caixa 301 e com uma extensão normal de aproximadamente um terço a metade da extensão helicoidal da rosca de extremidade de nariz de pino 300 até a extremidade da face da caixa 301, um

indivíduo com habilidades normais compreenderia que outras configurações estão dentro do escopo da presente descoberta.

[0060] Como mostrado, os flancos de carga 303 e 304 têm avanços constantes, enquanto os flancos de encaixe 305 e 306 contêm perturbações 312 e 313. Além disso, a Figura 10 mostra as posições axiais do avanço de flanco de encaixe de pino 12A e do avanço de flanco de encaixe de caixa 12B em forma gráfica. Nesta concretização, a perturbação do flanco de encaixe de pino 313 está localizada na extremidade do nariz do pino da seção de meia-rosca 302, enquanto a perturbação de flanco de encaixe de caixa 312 está localizada na extremidade de face de caixa da seção de meia-rosca 302.

[0061] Na condição construída como mostrado, o flanco de carga de caixa 303 e o flanco de carga de pino 304 estão em contato na interface de flanco de carga 321, pois é normal para roscas livres com ao menos um flange de torque de parada positiva; observe é mostrado um espaço na interface de flanco de carga 321 apenas para clareza.

[0062] Em contraste, as roscas livres convencionais terão uma folga entre os flancos de encaixe na construção. Esta folga de encaixe normalmente está no intervalo de 0,127 mm até 0,381 mm (0,005 polegadas até 0,015 polegadas) em largura e pode se estender por toda a extensão da rosca. Nas concretizações da presente descoberta, pode haver três folgas distintas no flanco de encaixe em 307, 308 e 309. A folga 307 no nariz do pino é formada na construção entre a rosca de pino 311 e a rosca de caixa 310 próximo ao nariz de pino 300. A folga 309 na face de caixa é formada na construção entre a rosca de caixa 310 e a rosca de pino 311 próximo

à face de caixa 301. A folga 308 de meia-rosca é formada na construção entre as perturbações 312, 313 e podem ser menores que as folgas 307 e 309. Como mostrado, as folgas 307 e 309 podem ser folgas de flanco de encaixe convencionais de 0,3048 mm (0,012 polegadas), enquanto a folga 308 de flanco de encaixe de meia-rosca pode ser de aproximadamente 0,0762 mm (0,003 polegadas). De modo alternativo, a folga 308 pode ser de aproximadamente 0,0508 mm (0,002 polegadas). Aqueles com habilidade na técnica perceberão que as folgas 307 e 309 podem ser diferentes entre si de acordo com a configuração das perturbações 312 e 313.

[0063] As concretizações de acordo com a presente descoberta podem ter a vantagem de que, durante a construção, uma folga reduzida de flanco de encaixe de meia-rosca pode ser formada apenas próximo ao fim do processo de construção, portanto minimizando o risco de danos à rosca durante a construção. Além disso, em algumas modalidades, uma folga reduzida entre os flancos de carga, os flancos de encaixe ou raízes e cristas de roscas podem auxiliar na formação de um selo de rosca.

[0064] Enquanto a presença de uma folga pode permitir que alguns fluidos de alta temperatura e alta pressão passem, a folga reduzida perturbada pode permitir que um composto de rosca ou material impermeabilizado forme um selo com mais integridade. Particularmente, um composto de epóxi curável de uma ou duas partes pode ser aplicado às roscas antes da construção e curado para formar um selo de rosca entre dois membros rosqueados. Portanto, a folga reduzida pode permitir que um composto de rosca curado experimente um estresse significativamente reduzido mais do que um composto curado em uma folga maior. Deve ser entendido que a cura do composto de rosca pode ocorrer tanto antes como depois de a conexão tubular

estar posicionada no furo. Particularmente, em uma concretização, um composto de rosca pode ser planejado de modo que a cura ocorra somente após a conexão estar no furo por um tempo particular em uma temperatura particular. Exemplos de materiais impermeabilizados de roscas curáveis e os compostos de rosca podem ser obtidos através da Master Bond, Inc. em Hackensack, New Jersey, como também de outras várias fontes conhecidas por aqueles com habilidades ordinárias na técnica.

[0065] A mudança nas folgas de flanco de encaixe pode ser determinada pelos gráficos dos avanços de flanco de encaixe, 12A e 12B. A mudança entre a folga 307 no nariz do pino e a folga 308 na meia-rosca é igual à área de perturbação na tabela 12B de avanço de flanco de encaixe de pino. Como mostrado, a área de perturbação 316 geralmente é igual à extensão de perturbação 314 (normalmente medida em passos de rosca) multiplicada pela mudança de perturbação no avanço 315 (normalmente medida em polegadas por passo). Se, por exemplo, a extensão de perturbação 314 for metade de um passo e a mudança na perturbação no avanço for de 0,4572 mm (0,018 polegadas) por passo, a mudança folga entre a folga 307 no nariz de pino e a folga 308 da meia-rosca será: $12,7 \text{ mm (0,5 polegadas)} \times 0,4572 \text{ mm (0,018 polegadas)} / \text{passo} = 0,2286 \text{ mm (0,009 polegadas)}$.

[0066] As concretizações da presente invenção também podem ter alturas de rosca variáveis (ou seja, perturbações em raiz e/ou crista) no membro pino e/ou no membro caixa. A concretização mostrada na Figura 9 inclui uma variação na altura da rosca de pino. Nessa concretização particular, a altura da rosca de pino aumenta aproximadamente nos mesmos locais que a extensão da rosca de pino aumenta, causando interferência entre a raiz de rosca de caixa 221

e a dobra 222 de rosca de pino, como mostrado no corte transversal A quando comparado ao corte transversal B.

[0067] As variações na interferência da raiz/crista podem ser particularmente úteis para concretizações com roscas livres. Como discutido acima em respeito à Figura 2, para que as roscas livres tenham um selo de rosca semelhante ao das roscas de cunha, as conexões de técnica anterior com roscas cilíndricas livres precisam de interferência entre os flancos de carga 154 e 155 e os flancos de encaixe 157 e 158. Essa interferência existira substancialmente através da estrutura da conexão, pois a rosca de pino e a rosca de caixa têm uma extensão contínua. Além disso, a interferência de raiz/crista, se houver, ocorreria substancialmente pela estrutura da conexão da conexão. Isso poderia conduzir a danos nas roscas e a dificuldades para construir a conexão.

[0068] Em uma concretização, um ou ambos dentre o membro pino e o membro caixa podem ter roscas livres com perturbações em um flanco de carga, flanco de encaixe, uma raiz e/ou uma crista. Preferencialmente, as perturbações podem estar localizadas de modo que, em um ou mais locais, seja formado um selo de rosca. Isso pode ser obtido pela seleção do tamanho e dos locais das perturbações de modo que a interferência do flanco de carga, interferência do flanco de encaixe e a interferência de raiz/crista sejam próximas entre si. Portanto, as roscas livres podem ser adaptadas para formar selos de roscas em uma ou mais concretizações. Ao formar selos de roscas em apenas uma porção de roscas livres, o risco de causar danos é diminuído quando comparado a ter as interferências de flanco e/ou interferências de raiz/crista por toda a conexão. Aqueles com habilidades ordinárias na técnica perceberão que uma

perturbação em um flanco de carga, que é carregado durante a construção da conexão, pode não ser necessária para formar um selo de rosca por causa da alta pressão de contato inerente nos flancos de carga de uma rosca livre.

[0069] Pode ser mais desejável ter todas as perturbações ou no membro pino ou no membro caixa por causa da estrutura indeterminada das roscas de cunha. Alternativamente, as perturbações no membro pino e no membro caixa podem ser em partes da rosca que não entrariam em contato entre si (ou seja, em posições axiais suficientemente diferentes de modo que as perturbações não interajam). Para roscas livres, que normalmente têm um flange de torque de parada positiva, também pode ser desejável ter perturbações ou no membro pino ou no membro caixa por causa da posição relativa das roscas.

[0070] Aqueles com habilidades extraordinárias na técnica perceberão que a quantidade desejada de pressão de contato criada pelas perturbações pode variar com base na pressão a ser selada, na substância a ser selada e no material usado para a conexão. Como discutido acima, uma pressão de contato elevada resulta na capacidade de selar uma pressão maior. Além disso, se um gás, que é mais difícil de ser selado do que um fluido, precisar ser selado pela conexão, pode ser necessária maior pressão de contato. O material a ser usado para a conexão pode limitar a pressão de contato máxima permitida. Por exemplo, uma liga resistente à corrosão (CRA) geralmente é mais suscetível a dano por estresse localizado (como resultado das perturbações) do que outros aços de resistência elevada. Aqueles com habilidades ordinárias na técnica serão capazes de selecionar a pressão de contato desejada considerando o material a ser usado para a conexão.

Alternativamente, o material usado pode ser selecionado considerando a pressão de contato desejada.

[0071] As concretizações aqui discutidas podem incluir um ou mais chanfros de alívio de estresse nas raízes da rosca de pino e/ou na rosca de caixa. Tais chanfros de alívio de estresse são ensinados na Patente Norte-americana No. 6.050.610 emitida para Enderle et al., emitida para o procurador da presente invenção e aqui incorporada por referência em sua totalidade. Enderle discute os chanfros de alívio de estresse que oferecem um escape para o lubrificante preso durante a construção da conexão. O lubrificante preso pode resultar em falsas leituras de torque, o que pode resultar em conexões construídas impropriamente. Além disso, o lubrificante preso pode danificar a conexão durante a construção se houver acúmulo de pressão na conexão. Esse problema normalmente ocorre em ambientes mais frios quando o lubrificante é mais viscoso e menos capaz de escapar da conexão para aliviar a pressão. Isso também pode se intensificar se a conexão for construída com alta velocidade de rotação.

[0072] Um problema inerente em chanfros de alívio de estresse nas raízes da rosca de pino e/ou rosca de caixa, que agem como aliviador de pressão, é que o chanfro de alívio de estresse reduz a capacidade do selo de rosca em partes das roscas com selos de rosca. Como o chanfro de alívio de estresse pode ser usado em uma parte limitada da rosca e em qualquer forma, ou de profundidades variáveis, conforme revelado por Enderle, a parte restante da rosca pode ser usada para formar um selo pressão interna e externa (por exemplo, formando uma ou mais perturbações na rosca). Em tal modalidade, haveria um selo de rosca onde uma ou mais perturbações

estiverem apropriadamente localizadas distantes de qualquer chanfro de alívio de estresse.

[0073] Em uma modalidade, as perturbações mostradas nas Figuras 8 e 9 podem ser usadas em vez dos chanfros de alívio de estresse discutidos por Enderle. Embriaguez de rosca periódica ou induzida como mostrado nas Figuras 8 e 9 resultam em bolsos separados pequenos e espaçados de pressão de contato reduzida ou folgas pelas roscas. Os chanfros de alívio de estresse discutidos por Enderle funcionam principalmente oferecendo uma saída para o excesso de dope de rosca. Como alternativa, os bolsos separados espaçados podem oferecer locais para recolher o lubrificante na conexão em vez de sair. O presente inventor acredita que a captura intermitente do lubrificante entre as perturbações com pressão de contato aumentada pode oferecer um selo de rosca melhorado. Além disso, ter o lubrificante preso garante que há lubrificação suficiente na conexão para auxiliar na desconexão dos tubulares após o uso.

[0074] Como discutido acima, variações periódicas das dimensões nominais ocorrem naturalmente ("variações naturais") durante o processo de produção. Apesar de os produtores seguirem vários passos para minimizar as variações naturais, há ao menos alguma variação da nominal e é aceitável se for dentro de uma tolerância desejada. Como a localização exata e a extensão das variações naturais são desconhecidas durante o processo de produção, pode ser desejável que o tamanho das perturbações seja selecionado de modo que haja benefícios desconsiderando o local das perturbações em relação às variações naturais. Por exemplo, se uma configuração particular de usinagem (por exemplo, máquina, máquina ferramenta, dispositivos, material, dimensões da parte)

tiver uma ocorrência típica de variações naturais na ordem de aproximadamente $\pm 0,0254$ mm (0,001 polegadas). Para garantir que haja alguns benefícios das perturbações na conexão (em vez de serem cancelados pelas variações naturais), o tamanho das perturbações pode ser selecionado para ser aproximadamente duas vezes (ou seja, $\pm 0,0508$ mm (0,002 polegadas)) o tamanho das variações naturais.

[0075] As características da conexão podem afetar o tamanho desejado das perturbações. Idealmente, conforme um selo de metal com metal é formado (por exemplo, um selo de rosca), as superfícies ficam com atrito de contato por uma curta distância causando o "polimento" das superfícies. Conforme aqui usado, "polimento" significa um polimento ou deslizamento leve das superfícies. Se a superfície entrar em contato por uma extensão muito grande a uma pressão de contato muito elevada, pode haver dano. O dano ocorre quando o lubrificante é deslocado de entre as superfícies conforme o contato deslizante continua, resultando em um aumento na fricção e crescimento de calor. Para evitar danos indesejáveis, as perturbações devem ser medidas para prevenir extensões longas de contato de deslizamento durante a construção. Para formar um selo de rosca, a pressão de contato entre as superfícies acasaladas (por exemplo, flancos de carga, flancos de encaixe e raízes e cristas) normalmente é de 25% a 100% da capacidade de produção do material. Formas de rosca fechadas (por exemplo, roscas dovetail) geralmente permitem que a pressão de contato seja direcionada para a extremidade mais elevada do intervalo. Idealmente, um selo de rosca é formado pelas superfícies que se juntam por uma curta distância com pressão de contato severamente elevada terminando com a pressão

de contato dentro do intervalo efetivo da formação de um selo de rosca.

[0076] A proporção de cunha de rosca de cunha é um parâmetro que pode afetar o tamanho desejado da perturbação. De modo essencial, a proporção de cunha determina o quão "rapidamente" (ou seja, com quantas polegadas lineares as superfícies entram em contato durante a construção) as superfícies entram em contato. De forma geral, proporções maiores de cunha permitem perturbações maiores do que proporções menores de cunha. Em uma concretização, o tamanho das perturbações pode ser selecionado entre aproximadamente 0,1 e 0,2 vezes a proporção de cunha. Por exemplo, se a proporção de cunha (diferença entre o avanço de carga e o avanço de encaixe) for de aproximadamente 0,508 mm (0,020 polegadas), o tamanho desejado da perturbação seria entre aproximadamente 0,0508 mm (0,002 polegadas) e aproximadamente 0,1016 mm (0,004 polegadas).

[0077] Outro fator para considerar ao selecionar o tamanho da perturbação é o material, que pode afetar a sensibilidade a danos. Por exemplo, CRA é mais propenso a dano do que o aço carbono. Portanto, uma conexão feita de CRA (presumindo que todos os outros parâmetros são iguais) seria mais provável de ter danos na rosca do que uma conexão feita de aço carbono com uma perturbação de mesmo tamanho. Para evitar danos, a conexão feita de CRA pode ter uma perturbação menor.

[0078] Apesar de a invenção ter sido descrita em relação a um número limitado de concretizações, aqueles com habilidade na técnica, com o benefício desta descoberta, perceberão que outras concretizações podem ser desenvolvidas e não sair do escopo da

invenção aqui discutida. Sendo assim, o escopo da invenção deve ser limitado apenas às reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Conexão rosqueada composta por:

um membro pino 101 composto por uma rosca de pino 21 com uma crista de rosca de pino 222, uma raiz de rosca de pino, um flanco de carga de pino 225 e um flanco de encaixe de pino 232;

um membro caixa 102 composto de uma rosca de caixa 22 com uma crista de rosca de caixa, uma raiz de rosca de caixa 221, um flanco de carga de caixa 226 e um flanco de encaixe de caixa 231,
uma folga 307 em um nariz de pino;
uma folga 309 em uma face de caixa; e
uma folga 308 de meia-rosca ;

caracterizada pelo fato de que, em uma extremidade da folga de meia-rosca, o flanco de encaixe de pino 232 tem uma perturbação formada na mesma, e em outra extremidade da folga de meia-rosca, o flanco de encaixe de caixa 231 tem uma perturbação formada, onde, em uma estrutura do membro pino 101 com o membro caixa 102, a folga de meia-rosca tem um espaço de folga menor que a folga do nariz de pino e a folga na face da caixa.

2. Conexão rosqueada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela rosca de pino 21 e a rosca de caixa 22 serem roscas de cunha.

3. Conexão rosqueada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela rosca de pino 21 e a rosca de caixa 22 serem roscas livres.

4. Conexão rosqueada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela folga de meia-rosca ser menor que 0,127 mm (0,005 polegadas).

5. Conexão rosqueada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela folga de meia-rosca ser entre 0,0762 mm e 0,0508 mm (0,003 e 0,002 polegadas).

6. Conexão rosqueada de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por ser composta ainda por:

um chanfro formado em apenas uma parte de ao menos um dentre raiz de rosca de pino e raiz de rosca de caixa 221,

onde ao menos uma perturbação está localizada seletivamente para formar um selo de rosca em um local afastado do chanfro.

7. Método para produzir uma conexão rosqueada, conforme definida na reivindicação 1, composta por uma rosca de pino 21 e uma rosca de caixa 22, caracterizado por consistir em:

formar uma perturbação em um flanco de encaixe de pino 232; e

formar uma perturbação em um flanco de encaixe de caixa 231;

onde, a perturbação no flanco de encaixe de pino 232 e a perturbação do flanco de encaixe de caixa 231 juntos criam uma redução da folga de meia-rosca.

8. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por ser composto também pela formação de um selo de rosca no local de ao menos uma na perturbação no flanco de encaixe de pino 232 e na perturbação no flanco de encaixe de caixa 231.

9. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por ao menos uma da perturbação no flanco de encaixe de pino 232 e da perturbação no flanco de encaixe de caixa 231 se estender por ao menos um passo completo de ao menos um dentre rosca de pino 21 e rosca de caixa 22.

10. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por compreender redução da folga 308 de meia-rosca entre a rosca de pino 21 e a rosca de caixa 22 para entre 0,127 mm e 0,0508 mm (0,005 e 0,002 polegadas) no local de ao menos uma perturbação.

11. Método de acordo com a reivindicação 7, caracterizado por compreender redução da folga 308 de meia-rosca entre a rosca de pino 21 e a rosca de caixa 22 para entre 0,0762 mm e 0,0508 mm (0,003 e 0,002 polegadas) no local de ao menos uma perturbação.

FIGURA 1A
(TÉCNICA ANTERIOR)

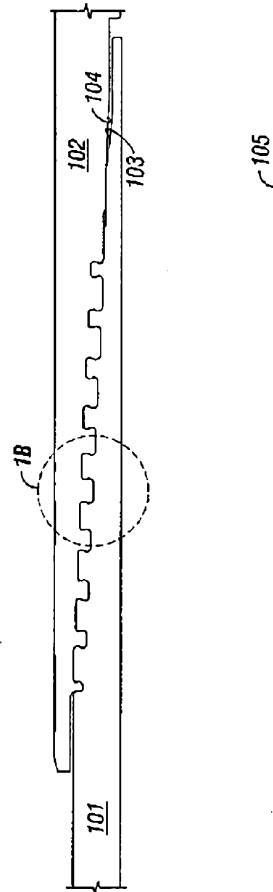


FIGURA 1B
(TÉCNICA ANTERIOR)

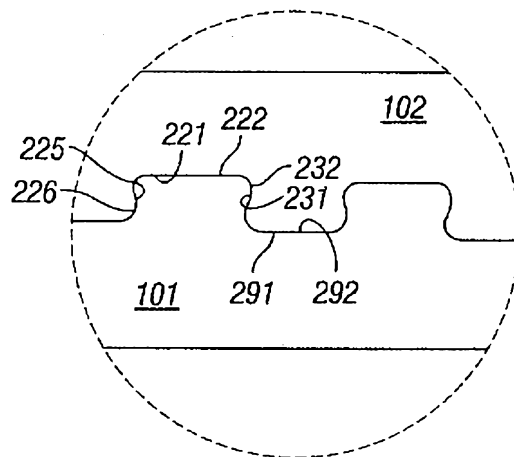


FIGURA 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

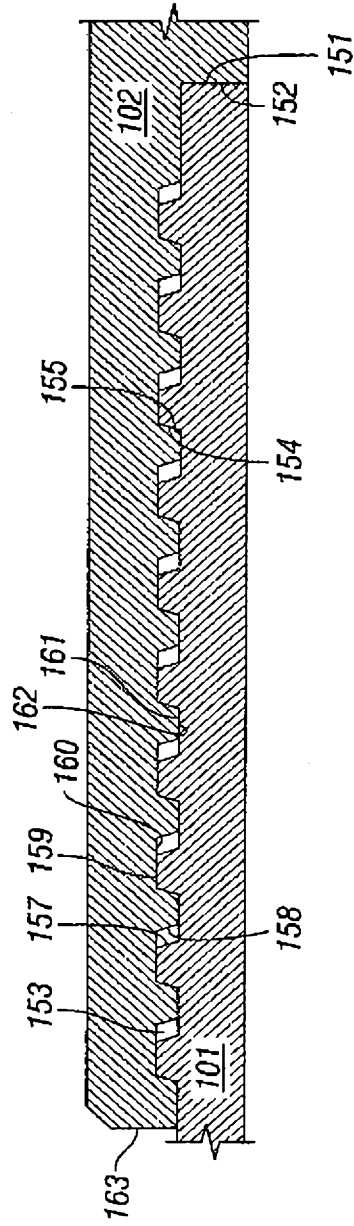


FIGURA 3A
(TÉCNICA ANTERIOR)

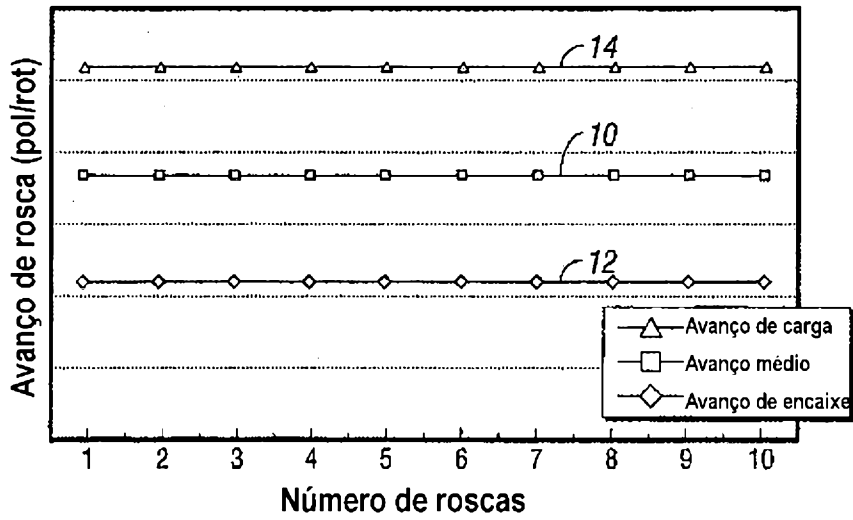


FIGURA 3B
(TÉCNICA ANTERIOR)

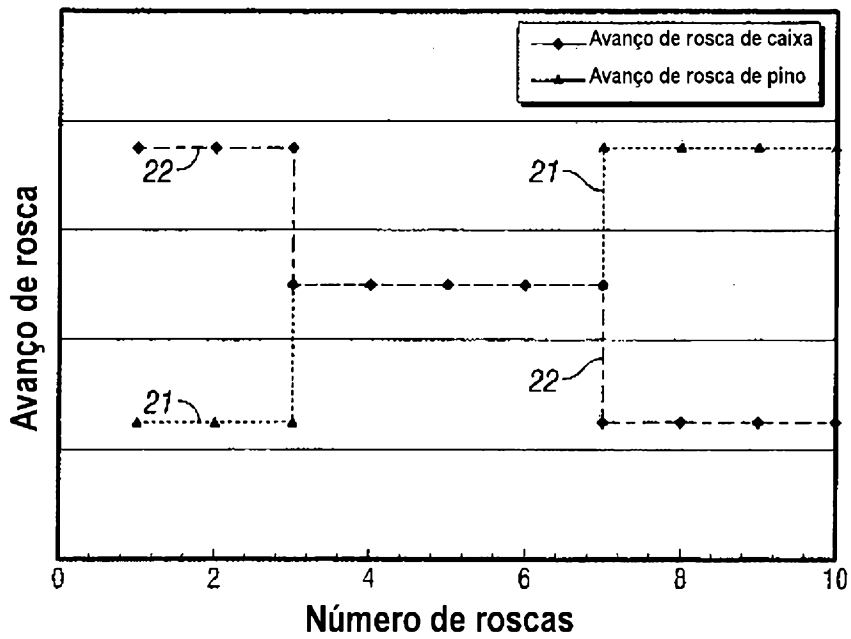


FIGURA 3C
(TÉCNICA ANTERIOR)

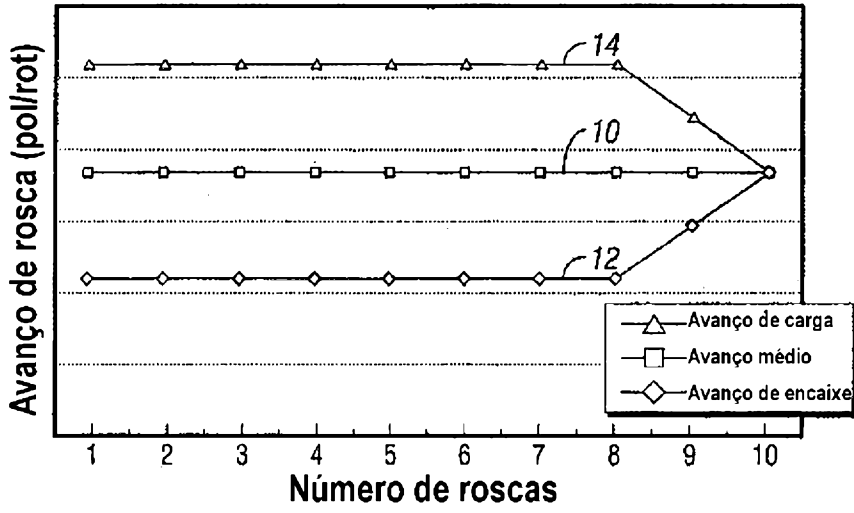


FIGURA 4A

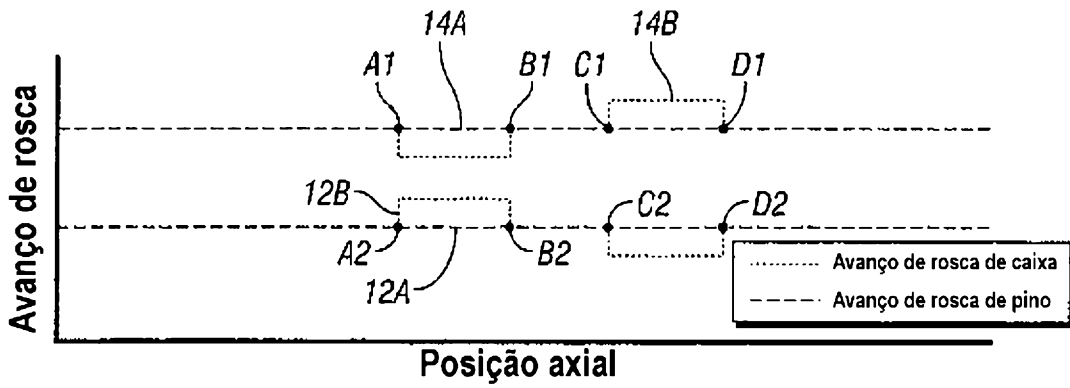


FIGURA 4B

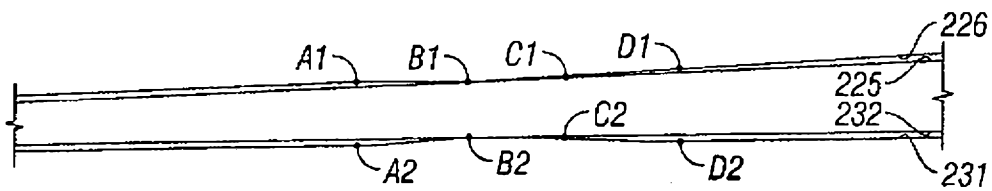


FIGURA 5A

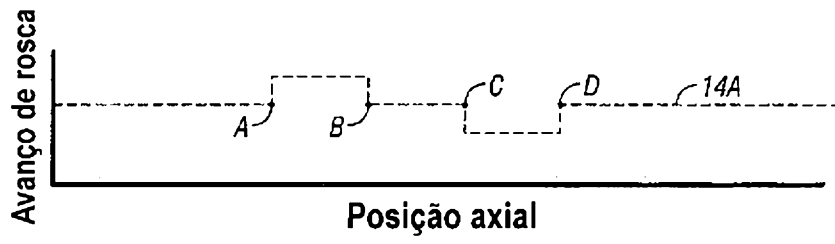


FIGURA 5B

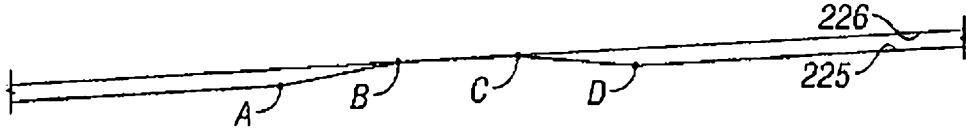


FIGURA 5C

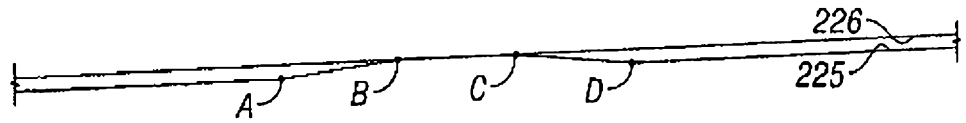


FIGURA 6A

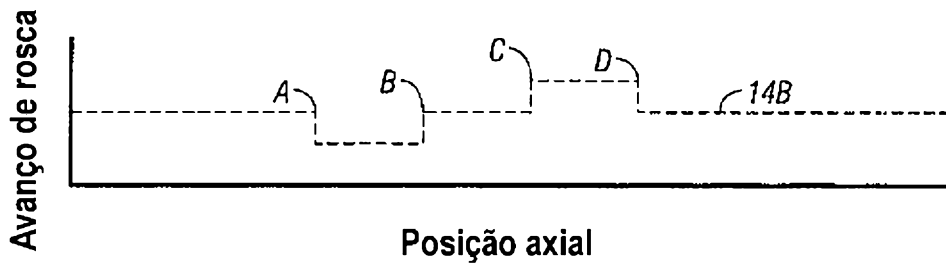


FIGURA 6B

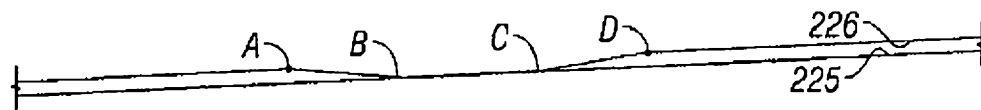


FIGURA 7A

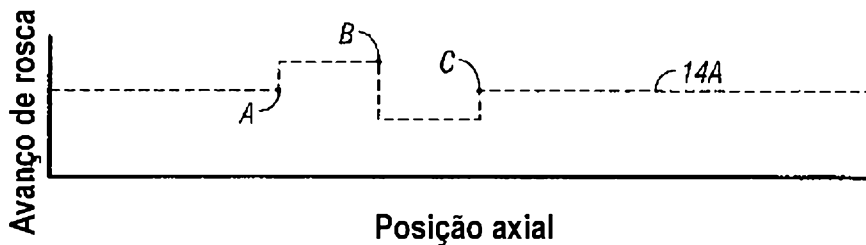


FIGURA 7B

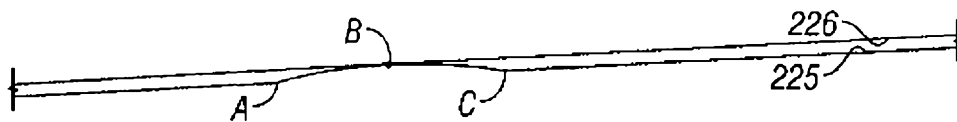


FIGURA 8

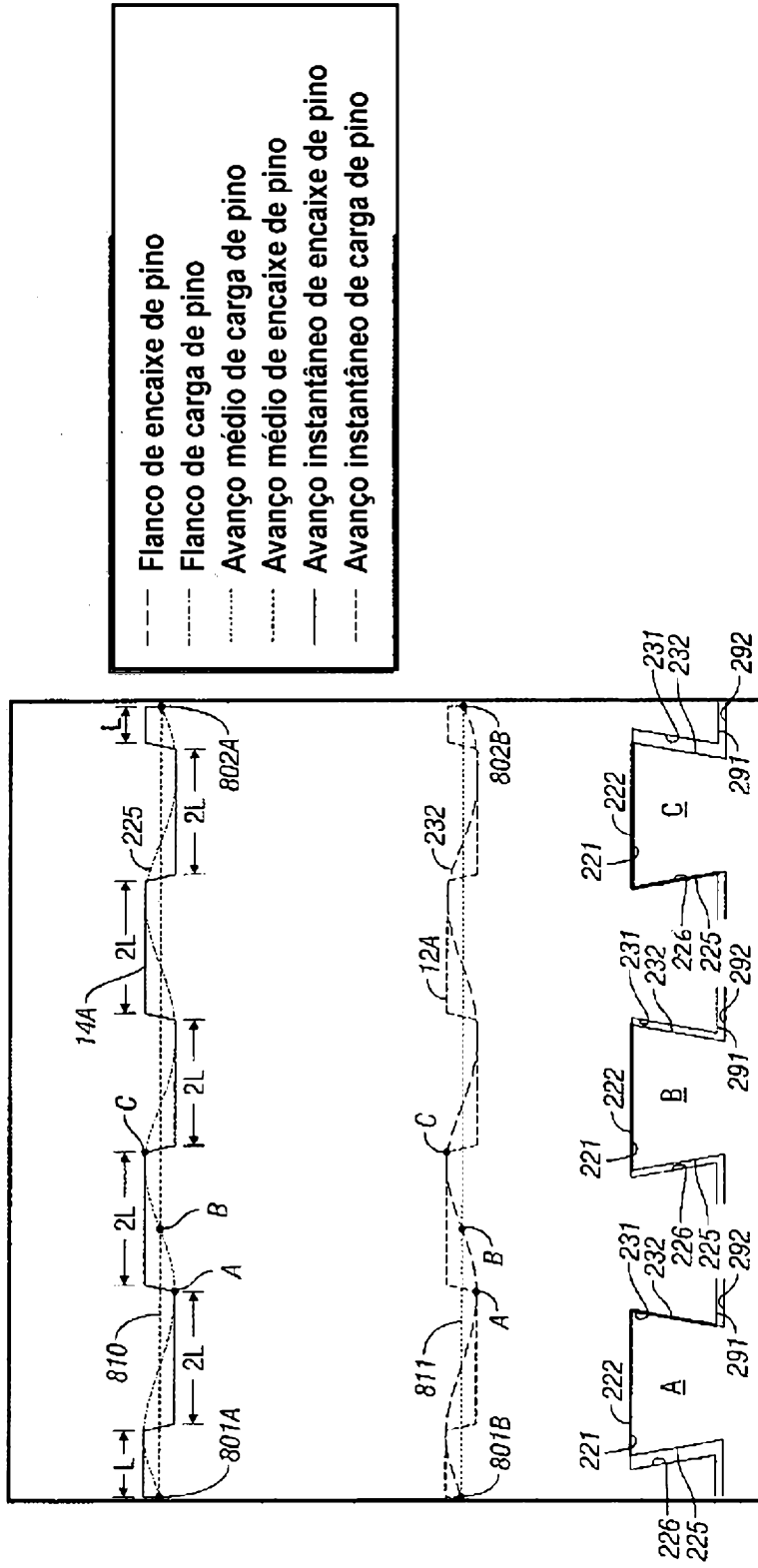


FIGURA 9

