



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

**(11) PI 0517576-3 B1**

**(22) Data do Depósito:** 22/12/2005

**(45) Data de Concessão:** 09/08/2016



---

**(54) Título:** CONEXÃO ROSCADA, E MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE ROSCA EM UMA CONEXÃO QUE COMPREENDE UM MEMBRO DE PINO E UM MEMBRO DE CAIXA

**(51) Int.Cl.:** E21B 17/042; F16L 15/06; F16L 15/00

**(30) Prioridade Unionista:** 30/12/2004 US 11/027,014

**(73) Titular(es):** HYDRIL COMPANY

**(72) Inventor(es):** HARRIS A. REYNOLDS JR.

CONEXÃO ROSCADA, E MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE ROSCA EM UMA CONEXÃO QUE COMPREENDE UM MEMBRO DE PINO E UM MEMBRO DE CAIXA

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

5 Junções de caixas, forros, tubulação de perfuração, e aros de perfuração (coletivamente indicados como "tubulares") são normalmente utilizados na perfuração, na complementação, e na produção de um poço. As junções de caixas, por exemplo, podem ser emplacedas em um furo do poço  
10 para estabilizar uma formação, para proteger uma formação contra as altas pressões do furo do poço (por exemplo, pressões do furo do poço que excedem uma pressão da formação), e outros ainda. As junções de caixas podem ser acopladas de uma maneira de extremidade a extremidade por  
15 conexões roscadas, por conexões soldadas, e por outras conexões conhecidas no estado da técnica. As conexões podem ser projetadas para formar uma vedação entre um interior das junções de caixas acopladas e um espaço anular formado entre as paredes exteriores das junções de caixas e as paredes do  
20 furo do poço. A vedação pode ser, por exemplo, uma vedação elastomérica (por exemplo, um vedação de anel-O), uma vedação de metal a metal formada próxima da conexão, ou vedações similares conhecidas no estado da técnica. Em algumas conexões, as vedações são formadas entre as roscas internas e  
25 externas. As conexões com esta característica são consideradas como dotadas de uma "vedação de rosca". Tal como aqui empregado, uma "vedação de rosca" significa que uma vedação é formada entre pelo menos uma parte da rosca interna no membro de caixa e da rosca externa no membro de pino.

30 Deve ficar compreendido que determinados termos são aqui empregados tal com seriam compreendidos convencionalmente onde as junções tubulares estão sendo conectadas em uma posição vertical ao longo de um eixo

central dos membros tubulares tal como quando é composta uma coluna da tubulação para ser baixada em um furo do poço. Desse modo, o termo "flanco de carga" designa a superfície da parede lateral de uma rosca que fica voltada para a direção oposta da extremidade exterior do respectivo membro de pino ou de caixa em que a rosca é formada e suporta o peso (isto é, a carga de tensão) do membro tubular inferior que fica pendurado no furo do poço. O termo "flanco de conexão" designa a superfície da parede lateral da rosca que fica voltada para a extremidade exterior do respectivo membro do pino ou de caixa e suportes as forças que comprimem as junções uma na direção da outra de uma maneira tal que o peso do membro tubular superior durante a composição inicial da junção ou como uma força aplicada para empurrar um membro tubular inferior baixo de encontro ao fundo de um furo do furo (isto é, a força de compressão). O termo "face" de caixa é a extremidade do membro de caixa que fica voltada para fora das roscas de caixa, e o termo "nariz" do pino é a extremidade do membro de pino que fica voltada para fora das roscas da conexão. Com a composição de uma conexão, o nariz do pino é perfurado até e além da face de caixa.

Um tipo de rosca geralmente utilizado para formar uma vedação de rosca é uma rosca em forma de cunha. Na figura 1, é mostrada uma conexão que tem uma rosca em forma de cunha. As "roscas em forma de cunha" são caracterizadas por roscas que aumentam na largura (isto é, a distância axial entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (232) e (231) em direções opostas no membro de pino (101) e no membro de caixa (102). As roscas em forma de cunha são descritas extensivamente na patente norte-americana n°. RE 30.647 concedida a Blose, na patente norte-americana n°. RE 34.467 concedida a Reeves, na patente norte-americana n°. 4.703.954 concedida a Ortloff, e na patente norte-americana

n°. 5.454.605 concedida a Mott, todas elas cedidas à  
cessionária da presente invenção e aqui incorporadas a título  
de referência. No membro de pino (101), a crista da rosca do  
pino (222) é estreita na direção da extremidade distal do  
5 membro de pino (101), ao passo que a crista da rosca de caixa  
(291) é larga. Ao se mover ao longo da rosca central (105)  
(da direita para a esquerda), a crista da rosca do pino (222)  
se alarga, ao passo que a crista da rosca de caixa (291) se  
estreita.

10 Geralmente, as vedações de rosca são difíceis de  
obter com roscas sem afunilamento que têm cristas e bases  
largas, no entanto, as mesmas formas de rosca podem ter  
vedações de rosca quando utilizadas para roscas em forma de  
cunha. Várias formas de rosca podem ser utilizadas para a  
15 concretização da invenção descrita abaixo. Um exemplo de uma  
forma apropriada da rosca é uma forma de rosca de semi-cauda  
de pombo apresentada na patente norte-americana n°. 5.360.239  
concedida a Klementich, e aqui incorporada a título de  
referência. Uma outra forma de rosca inclui um flanco de  
20 carga multi-facetado ou flanco de conexão, descrito na  
patente norte-americana n°. 6.722.706 concedida a Church, e  
aqui incorporada a título de referência. Uma forma de rosca  
aberta com um formato geralmente retangular é descrita na  
patente norte-americana n°. 6.578.880 concedida a Watts. Cada  
25 uma das formas acima da rosca constitui exemplos de formas de  
rosca que podem ser utilizados para a concretização da  
invenção que tem tanto roscas em forma de cunha quanto roscas  
sem afunilamento. Os elementos versados na técnica irão  
apreciar que os preceitos aqui contidos não ficam limitados a  
30 formas de rosca particulares.

Para as roscas em forma de cunha, uma vedação de  
rosca é obtida pela pressão de contato causada pela  
interferência sobre pelo menos uma parte da conexão entre o

flanco de carga de pino (225) e o flanco de carga de caixa (226) e entre o flanco de conexão de pino (232) e o flanco de conexão de caixa (231), que ocorre quando a conexão é composta. A proximidade ou a interferência próxima entre as bases (292) e (221) e as cristas (222) e (291) completa a vedação de rosca quando ocorre em pelo menos uma parte de onde a interferência de flanco ocorre. Uma pressão mais elevada pode ser contida com interferência aumentada entre as bases e as cristas ("interferência de base/crista") no membro de pino (101) e no membro de caixa (102) e aumentando a interferência de flanco. Esta conexão particular também inclui uma vedação de metal a metal que é efetuada pelo contato entre as superfícies de vedação correspondentes (103) e (104) que ficam localizadas no membro de pino (101) e no membro de caixa (102), respectivamente.

Uma propriedade das roscas em forma de cunha, que tipicamente não têm um ressalto de torque de parada positivo na conexão, é que a composição é "indeterminada", e, em consequência disto, a posição relativa do membro de pino e do membro de caixa varia mais para uma determinada faixa de torque a ser aplicada do que as conexões que têm um ressalto de torque de parada positivo. Conforme aqui empregado, "composição" refere-se ao rosqueamento de um membro de pino e um membro de caixa um no outro. "Composição selecionada" refere-se ao rosqueamento do membro de pino e do membro de caixa um no outro com uma quantidade desejada de torque, ou com base em uma posição relativa (axial ou circunferencial) do membro de pino com o membro de caixa. Para as roscas em forma de cunha que são projetadas para que tenham a interferência de flanco e a interferência de base/crista em uma composição selecionada, a interferência de flanco e a interferência de base/crista aumentam à medida que a conexão é composta (isto é, o aumento no torque aumenta a

interferência de flanco e a interferência de base/crista). Para as roscas em forma de cunha que são projetadas que tenham o afastamento de base/crista, o afastamento diminui à medida que a conexão é composta. Independentemente do desenho da rosca em forma de cunha, os flancos correspondentes e as bases e as cristas correspondentes se aproximam mais entre si (isto é, o afastamento diminui ou a interferência diminui) durante a composição. A composição indeterminada permite para que a interferência de flanco e a interferência de base/crista sejam aumentadas, aumentando o torque na conexão. Desse modo, uma rosca em forma de cunha deve poder vedar com rosca pressões mais elevadas de gás e/ou líquido através do desenho da conexão para que tenha mais interferência de flanco e/ou interferência de base/crista ou ao aumentar o torque na conexão, no entanto, isto também aumenta a tensão na conexão durante a composição, o que pode conduzir a falhas durante o uso.

As roscas sem afunilamento utilizadas para conexões tubulares de campos petrolíferos tipicamente não formam vedações de rosca quando a conexão é composta. A Figura 2 mostra uma conexão da técnica anterior que tem roscas sem afunilamento. As roscas sem afunilamento incluem os flancos de carga (154) e (155), os flancos de conexão (157) e (158), as cristas (159) e (162), e as bases (160) e (161). Tal como é típico de uma conexão com roscas sem afunilamento, esta conexão é baseada em um ressalto de torque de parada positivo formado pelo contato das superfícies (151) e (152) dispostas no membro de pino (101) e no membro de caixa (102), respectivamente. O ressalto de torque de parada positivo mostrado na figura 2 é geralmente indicado como um "ressalto de nariz do pino". Em outras conexões, o ressalto de torque de parada positivo pode ser preferivelmente formado pela face de caixa (163) e um ressalto de acoplamento (não mostrado) no

membro de pino (101). O ressalto de torque de parada positivo também forma uma vedação. Ao contrário das roscas em forma de cunha, que são compostas pela cunha da rosca de pino e da rosca de caixa, as roscas sem afunilamento são baseadas no  
5 ressalto de torque de parada positivo para carregar a conexão durante a composição. Para a composição da conexão mostrada na figura 2, o membro de pino (101) e o membro de caixa (102) são parafusados um no outro até que as superfícies (151) e (152) fiquem confinadas uma com a outra, quando então o  
10 flanco de carga de pino (154) e o flanco de carga de caixa (155) também são confinados. Um torque adicional é aplicado ao membro de pino (101) e ao membro de caixa (102) para carregar as superfícies (151) e (152) e o flanco de carga de pino (154) e o flanco de carga de caixa (155) até que a  
15 quantidade desejada de torque da composição seja aplicada à conexão.

A conexão mostrada na figura 2 não efetua uma vedação de rosca por causa da grande abertura (153) que existe entre o flanco de conexão de pino (157) e o flanco de  
20 conexão de caixa (158). A abertura (153) ocorre por causa da maneira na qual são carregadas as roscas sem afunilamento com os ressaltos de torque de parada positivos. A aplicação de torque à conexão durante a composição contra o ressalto de torque de parada positivo faz com que o membro de pino (101)  
25 seja comprimido enquanto o membro de caixa (102) é estirado sob tensão. Deve ser observado que, quando um ressalto da face de caixa é utilizado, o membro de caixa (102) é comprimido enquanto o membro de pino (101) é estirado sob tensão. A força entre o membro de pino 101 e o membro de  
30 caixa (102) é aplicada através do flanco de carga de pino (154) e o flanco de carga de caixa (155). O flanco de conexão de pino (157) e o flanco de conexão de caixa (158) não são carregados durante a composição. Isto resulta na pressão do

contato entre os flancos de carga (154) e (155) e uma abertura entre os flancos de conexão (157) e (158). Conforme discutido acima, uma rosca em forma de cunha (conforme mostrado na figura 1) pode formar uma vedação de rosca em parte por causa da interferência entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (232) e (231). Para as rosca em forma de cunha, isto ocorre perto do final da composição da conexão por causa da largura variada da rosca do pino e da rosca de caixa. Para ter uma interferência similar entre os flancos de carga (154) e (155) e os flancos de conexão (157) e (158) em uma rosca cilíndrica sem afunilamento (isto é, não afunilada), a interferência deve existir substancialmente por toda a composição da conexão porque a rosca do pino e a rosca de caixa têm uma largura contínua. Além disso, a interferência de base/crista, se existir, deve existir substancialmente por toda a composição da conexão. Isto pode conduzir a uma roçadura das rosca e em uma dificuldade em compor a conexão.

A variação na largura da rosca para uma rosca em forma de cunha ocorre em consequência dos flancos de carga que têm voltas diferentes dos flancos de conexão. Uma volta da rosca pode ser quantificado em polegadas por rotação (metros por rotação). Deve ser observado que este é o inverso de um termo geralmente utilizado "passo da rosca", que é geralmente quantificado como rosca por polegada (rosca por metro). Um gráfico das voltas para uma rosca em forma de cunha da técnica anterior é mostrado na figura 3A. Para esta conexão, a volta de carga (14) é constante no comprimento da conexão e maior do que a volta de conexão (12), que também é constante. A volta nominal é mostrada como item 10. Conforme aqui empregado, "volta nominal" refere-se à média da volta de carga (14) e da volta de conexão (12). A rosca vai se alargar com cada rotação pela diferença na volta de carga (14) e na



volta de conexão (12). A diferença na volta de carga (14) e na volta de conexão (12) é algumas vezes indicada como "relação em forma de cunha". Para uma rosca sem afunilamento (isto é, rosca sem cunha), a volta de carga (14) e a volta de conexão (12) devem ser substancialmente iguais, fazendo com que a rosca sem afunilamento tenha uma largura de rosca substancialmente constante (isto é, uma relação em forma de cunha igual a zero).

Geralmente, uma rosca é cortada em um elemento tubular utilizando uma volta de rosca substancialmente constante (incluindo volta de carga e volta de conexão), no entanto, alguma variação na volta da rosca ocorre durante o processo de manufatura, que inclui tipicamente a usinagem com uma fresadora ou um torno. Durante a usinagem, a variação na volta da rosca se manifesta como uma ligeira variação periódica na volta da rosca acima e abaixo do valor pretendido para a volta da rosca. Este fenômeno é geralmente indicado como "espanamento da rosca". A quantidade de espanamento da rosca que ocorre é principalmente dependente da máquina que está sendo utilizada. Ele pode ser causado pela inclinação ou folga na ferramenta de usinagem que está cortando a rosca. O material que está sendo usinado e as dimensões da peça que está sendo usinada também são variáveis que afetam a quantidade de empenamento da rosca. O empenamento da rosca também pode ocorrer em consequência dos controles eletrônicos que "caçam" a posição para a ferramenta de usinagem. Tipicamente, o empenamento da rosca é da ordem de 0,00005 polegada ( $1,27 \times 10^{-6}$  metros) a 0,0005 polegada ( $1,27 \times 10^{-5}$  metros) do valor nominal e não é visível a olho nu. O período do empenamento da rosca é tipicamente de pelo menos uma vez por volta da rosca. O empenamento da rosca maior do que o normal é visível como "vibração" na superfície da rosca e pode resultar na conexão sendo desfeita.

Geralmente, os fabricantes tentam eliminar todas as variações do valor nominal, tal como experimentado com o empenamento de rosca.

Variações intencionais nas voltas da rosca foram  
5 descritas na técnica anterior para as finalidades de  
distribuição de carga, no entanto, o autor da presente  
invenção não está ciente de variações nas voltas da rosca  
para formarem uma vedação da rosca para uma rosca em forma de  
cunha ou uma rosca sem afunilamento. Um exemplo de uma volta  
10 de rosca variada para a distribuição da tensão é descrita na  
patente norte-americana n°. 4.582.348 concedida a Dearden, et  
al. Essa patente é aqui incorporada a título de referência em  
sua totalidade. Dearden descreve uma conexão com roscas sem  
afunilamento que têm a rosca do pino e a rosca de caixa  
15 divididas em três partes com voltas diferentes (deve ser  
observado que Dearden refere-se ao passo da rosca, que é  
quantificado como roscas por polegada) (roscas por metro). Na  
figura 3B, é mostrado um gráfico das voltas da rosca para o  
membro de caixa e o membro do pino. Conforme mostrado no  
20 gráfico, em uma extremidade da conexão, a volta (21) da rosca  
do pino é maior do que a volta (22) da rosca de caixa. Na  
parte intermediária (23), a volta (21) da rosca do pino e a  
volta (22) da rosca de caixa são substancialmente iguais.  
Então, na extremidade oposta da conexão, a volta (22) da  
25 rosca de caixa é maior do que a volta (21) da rosca do pino.  
Em Dearden, as mudanças na volta (21) da rosca do pino e na  
volta (22) da rosca de caixa são mudanças de etapas (isto é,  
mudanças substancialmente instantâneas na volta). As voltas  
de rosca variadas descritas por Dearden prestam-se a  
30 distribuir a carga através de uma parte maior da conexão, e  
não têm nenhum efeito na incapacidade das roscas sem  
afunilamento de formarem uma vedação de rosca. Dearden não  
descreve a variação de uma volta de carga ou uma volta de

conexão uma independente da outra.

Uma outra conexão é descrita no pedido de patente norte-americano número de série 10/126.918, intitulado "Conexão roscada especialmente para conduto radialmente plasticamente expansível", ("Sivley) e cedida à cessionária da presente invenção. Esse pedido é aqui incorporado a título de referência em sua totalidade. Sivley descreve conexões que têm uma variação na volta de carga e/ou na volta de conexão em um ou em ambos o membro de pino e o membro de caixa. Um gráfico de uma realização descrita por Sivley é mostrado na figura 3C. Sivley descreve a variação da volta de carga (14) em relação à volta de conexão (12) a uma razão selecionada em pelo menos uma parte da rosca de pino e/ou da rosca de caixa. Na figura 3C, a conexão é uma rosca em forma de cunha tal como mostrado pela diferença entre a volta de carga (14) e a volta de conexão (12). A volta de carga (14) e a volta de conexão (12) convergem a uma taxa linear para a extremidade da rosca. Sivley descreve várias outras realizações que têm voltas de carga (14) e voltas de conexão (12) que variam a taxas lineares umas em relação às outras. A variação nas voltas da rosca distribui as cargas experimentadas pela conexão pelo comprimento da conexão.

Na técnica anterior, as roscas sem afunilamento apropriadas para elementos tubulares de campo petrolífero não formam vedações de rosca apropriados para os diferenciais de pressão experimentados pelos elementos tubulares no ambiente furo abaixo. As roscas em forma de cunha formam vedações da rosca, mas têm dificuldade de vedar gases, que são mais difíceis de vedar do que os líquidos. Além disso, qualquer melhoria na vedação da rosca é geralmente desejável. O que se faz necessário ainda é uma vedação de rosca para roscas sem afunilamento e uma vedação de rosca aperfeiçoada para roscas em forma de cunha.

DESCRIÇÃO RESUMIDA DA INVENÇÃO

Em um aspecto, a presente invenção refere-se a uma conexão roscada que inclui um membro de pino e um membro de caixa. O membro de pino tem uma rosca de pino com uma crista da rosca de pino, uma base da rosca de pino, um flanco de carga de pino, e um flanco de conexão de pino. O membro de caixa tem uma rosca de caixa com uma crista da rosca de caixa, uma base da rosca de caixa, um flanco de carga de caixa, e um flanco de conexão de caixa. Pelo menos um dentre a crista da rosca de pino, o flanco de carga de pino, o flanco de conexão de pino, a crista da rosca de caixa, o flanco da carga de caixa, e o flanco de conexão de caixa tem pelo menos uma perturbação formada no mesmo. Com uma composição selecionada do membro de pino com o membro de caixa, existe uma maior tensão de contato entre a rosca de pino e a rosca de caixa em pelo menos uma perturbação.

Em um outro aspecto, a presente invenção refere-se a um método de manufatura de uma rosca utilizando uma ferramenta de usinagem com um controle programável. O método inclui a inserção de uma posição axial que corresponde a uma posição rotacional para uma pluralidade de incrementos. Uma mudança na posição axial entre um primeiro jogo de dois incrementos é selecionada para ter uma primeira volta de rosca desejada que corresponde a uma trajetória original para a ferramenta de usinagem. O método inclui adicionalmente a inserção de uma mudança na posição axial entre um segundo jogo de dois incrementos, em que a mudança é selecionada para ter uma segunda volta de rosca desejada maior do que a primeira volta de rosca desejada. O método inclui adicionalmente a inserção de uma mudança na posição axial entre um terceiro jogo de dois incrementos, em que a mudança é selecionada para ter uma terceira volta de rosca desejada menor do que a primeira volta de rosca desejada, e o retorno

à primeira volta desejada.

Em um outro aspecto, a presente invenção refere-se a um método de formação de uma vedação de rosca em uma conexão. A conexão inclui um membro de pino e um membro de  
5 caixa, em que o membro de pino inclui um rosca de pino que tem um crista da rosca de pino, uma base da rosca de pino, um flanco de carga do pino, e um flanco de conexão do pino, e membro de caixa inclui uma rosca de caixa que tem uma crista da rosca de caixa, uma base da rosca de caixa, um flanco de  
10 carga de caixa, e um flanco de conexão de caixa. O método inclui a formação de pelo menos uma perturbação em pelo menos um dentre a crista da rosca de pino, o flanco de carga do pino, o flanco de conexão do pino, a crista da rosca de caixa, o flanco da carga de caixa, e o flanco de conexão de  
15 caixa, de maneira tal que, com uma composição selecionada do membro de pino com o membro de caixa, existe uma maior tensão de contato entre a rosca do pino e a rosca de caixa em pelo menos a perturbação.

Outros aspectos e vantagens da invenção serão  
20 aparentes a partir da seguinte descrição e das reivindicações anexas.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra uma seção transversal de uma conexão da técnica anterior que tem uma rosca em forma de  
25 cunha.

A Figura 2 mostra uma seção transversal de uma conexão da técnica anterior que tem uma rosca sem afunilamento.

As Figuras 3A, 3B e 3C mostram gráficos de voltas da rosca para as conexões da técnica anterior.  
30

A Figura 4A mostra um gráfico de voltas da rosca de acordo com uma realização da presente invenção.

A Figura 4B mostra uma parte das roscas

desmembradas que correspondem com o gráfico mostrado na figura 4A.

A Figura 5A mostra um gráfico de uma volta da rosca de acordo com uma realização da presente invenção.

5 As Figuras 5B e 5C mostram uma parte das roscas desmembradas que correspondem com o gráfico mostrado na figura 5A.

A Figura 6A mostra um gráfico de uma volta da rosca de acordo com uma realização da presente invenção.

10 A Figura 6B mostra uma parte das roscas desmembradas que correspondem com o gráfico mostrado na figura 6A.

A Figura 7A mostra um gráfico de uma volta da rosca de acordo com uma realização da presente invenção.

15 A Figura 7B mostra uma parte das roscas desmembradas que correspondem com o gráfico mostrado na figura 7A.

A Figura 8 mostra um gráfico de voltas da rosca com seções transversais correspondentes das roscas de acordo com uma realização da presente invenção.

A Figura 9 mostra um gráfico de voltas da rosca com seções transversais correspondentes das roscas de acordo com uma realização da presente invenção.

#### DESCRIÇÃO DETALHADA

25 A presente invenção refere-se a roscas para elementos tubulares. Mais especificamente, a presente invenção refere-se a roscas que aumentam a pressão de contato entre partes da rosca de pino e da rosca de caixa.

30 Para finalidades de clareza, diversos termos são definidos explicitamente abaixo. Tal como aqui empregado, uma "volta da rosca" refere-se geralmente ao grupo de voltas que consistem na volta de carga, na volta de conexão, e na volta nominal.

Conforme aqui empregado, "perturbação" refere-se a um desvio em uma trajetória original do flanco de carga, do flanco de conexão, da base ou da crista na rosca de maneira tal que uma colisão é formada na mesma. Após a perturbação, a  
5 trajetória retorna pelo menos parcialmente à trajetória original antes da perturbação.

Conforme aqui empregado, "comprimento helicoidal" refere-se ao número de voltas da rosca em que o contador é disposto, e pode ser expresso no número dos graus em torno do  
10 eixo do elemento tubular (isto é, 360 graus é um passo da rosca).

As realizações da presente invenção têm variações em pelo menos uma volta da rosca em pelo menos uma parte de uma rosca de maneira tal que a pressão de contato entre os  
15 flancos de carga e/ou os flancos de conexão de acoplamento é variada. Algumas realizações também podem variar a altura de uma forma da rosca (conforme medido da base à crista) a fim de formar uma vedação da rosca. Os aumentos na pressão de contato aumentam a pressão de vedação máxima que pode ser  
20 obtida pela vedação da rosca no local da perturbação. As diminuições na pressão de contato podem ser utilizadas para obter locais para uma quantidade aumentada de lubrificante da rosca permanecer entre a rosca de pino e a rosca de caixa após a composição da conexão.

25 Voltando à figura 4A, é mostrado um gráfico de voltas da rosca versus a posição axial de acordo com uma realização da presente invenção. A Figura 4B mostra uma rosca em forma de cunha desmembrada que corresponde ao gráfico na figura 4A. O gráfico na figura 4A mostra a volta de carga de  
30 caixa (14B) e a volta de conexão de caixa (12B) em relação à volta de carga (14A) do pino e a volta de conexão do pino (12A). Nesta realização, a rosca de pino tem uma volta de carga (14A) e uma volta de conexão (12A) substancialmente

constantes na parte ilustrada, ao passo que a rosca de caixa tem perturbações causadas por variações na volta de carga 14B e na volta de conexão (12B). Os elementos versados na técnica irão apreciar que, em uma outra realização, as perturbações  
5 podem ficar preferivelmente localizadas na rosca de pino.

Na figura 4A, uma perturbação da rosca de caixa começa nos pontos (A1) e (A2) onde a volta de carga de caixa (14B) diminui e a volta de conexão de caixa (12B) aumenta. A mudança correspondente na forma da rosca é mostrada na figura  
10 4B. Nos pontos (A1) e (A2), o flanco de carga de caixa (226) e o flanco de conexão de caixa (231) começam a "comprimir" a rosca de pino. Nos pontos (B1) e (B2), a volta de carga de caixa (14B) e a volta de conexão de caixa (12B) retornam aos valores originais. Isto continua por um comprimento  
15 helicoidal selecionado, resultando em uma parte da rosca de caixa e da rosca de pino em que existe uma maior pressão de contato quando a conexão é composta. Nos pontos (C1) e (C2), a volta de carga de caixa (14B) aumenta e a volta de conexão (12B) de caixa diminui. Entre os pontos (C1), (C2) e os  
20 pontos (D1), (D2), o flanco de carga de caixa (226) e o flanco de conexão de caixa (231) retornam substancialmente à trajetória original antes do começo da perturbação. Em uma realização, um ou ambos o flanco de carga de caixa (226) e o flanco de conexão de caixa (231) não pode retornar  
25 completamente à trajetória original. Além disso, em uma realização, o valor máximo e o valor mínimo nas mudanças das voltas da rosca não podem ser iguais em magnitude. Por exemplo, uma volta da rosca pode aumentar em "x" em relação à volta original da rosca para um comprimento helicoidal "L".  
30 Para retornar á trajetória original, a mesma volta da rosca pode diminuir em  $1/2 \cdot x$  sob a volta original da rosca para um comprimento helicoidal (2L). Os elementos versados na técnica irão apreciar que numerosas variações das perturbações podem



ser derivadas sem que se desvie do âmbito da presente invenção. Em uma realização, a perturbação pode ter um comprimento helicoidal que é menor do que aproximadamente 360 graus. Em uma outra realização, a perturbação pode ter um  
5 comprimento helicoidal que é menor do que aproximadamente 180 graus.

As figuras 4A e 4B fornecem um exemplo exagerado de uma perturbação da rosca para finalidades ilustrativas. A rosca em forma de cunha na figura 4B é parcialmente composta  
10 de maneira tal que o único ponto de contato entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) ficam na perturbação entre os pontos B1, B2 e os pontos C1, C2. A abertura entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) é exagerada para ser visível  
15 na figura 4B. Em uma realização, a mudança na volta da rosca e no comprimento helicoidal em que ela continua pode ser selecionada de maneira tal que a perturbação fique compreendida entre aproximadamente 0,0005 polegada ( $1,27 \times 10^{-5}$  metros) e aproximadamente 0,005 polegada ( $1,27 \times 10^{-4}$  metros)  
20 no tamanho. Em uma outra realização, a perturbação pode ficar compreendida entre aproximadamente 0,001 polegada ( $2,54 \times 10^{-5}$  metros) e aproximadamente 0,002 polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) no tamanho. À medida que a conexão na figura 4B é composta após o contato inicial na perturbação, a abertura entre os  
25 flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) vai desaparecer à medida que a pressão de contato nas perturbações deforma localmente a rosca. Depois que a conexão é composta até um torque desejado ou uma posição relativa do membro de pino e do membro de caixa, uma pressão de contato  
30 maior irá existir entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) nas perturbações na figura 4B entre os pontos (A1), (A2) e os pontos (D1), (D2)

do que as partes restantes das roscas.

O comprimento helicoidal de cada perturbação pode variar conforme desejado, no entanto, o método de manufatura pode limitar a variabilidade do comprimento helicoidal. Por exemplo, em uma realização, um torno numericamente controlado por computador ("CNC") pode ser utilizado. Máquinas de CNC podem ser controladas por programas de CNC. Tipicamente, o programa de CNC consiste em posições para cada eixo de controle. Por exemplo, se o torno de CNC tiver uma posição axial e uma posição rotacional, o programa deve ter um valor da posição axial correspondente com cada posição rotacional. Devido ao fato que um torno de CNC é geralmente girado a uma velocidade configurada medida em rotações por minuto ("RPM"), o programa de CNC tem tipicamente as posições rotacionais em ordem e a incrementos configurados enquanto a peça é girada na máquina. Os incrementos nos quais as posições rotacionais são espaçadas são geralmente indicados como a "resolução" do torno. Por exemplo, se a resolução for de aproximadamente 90 graus, um ponto de dados irá existir para cada incremento sequencial de aproximadamente 90 graus. Uma posição axial deve ser selecionada para cada incremento. Tipicamente, o torno de CNC irá mover a posição axial a uma velocidade substancialmente constante entre os pontos. A velocidade é selecionada conforme necessário para alcançar a posição axial seguinte substancialmente ao mesmo tempo que a posição rotacional correspondente. A volta da rosca pode ser selecionada calculando o valor para os incrementos de maneira tal que, para cada rotação, a posição axial avança por uma distância substancialmente igual à volta da rosca. Por exemplo, uma volta de 1 polegada (0,0254 metros) por rotação deve avançar 1/4 de polegada (0,00635 metros) a cada 90 graus. Os elementos versados na técnica poderão aplicar os preceitos acima para o uso com outros métodos de manufatura. Por

exemplo, pode ser utilizada uma fresadora de CNC que tem quatro eixos de controle (X, Y, Z, e rotacional).

A definição da máquina utilizada pode limitar o comprimento helicoidal mínimo de uma perturbação. Continuando com o exemplo de 90 graus, a perturbação mínimo deve ser de aproximadamente 180 graus (90 graus da volta aumentada, 90 graus da volta diminuída). Se a pressão máxima de contato for desejada para um comprimento prolongado (similarmente às figuras 4A e 4B), então o comprimento helicoidal mínimo da perturbação deve ser de aproximadamente 270 graus (90 graus na volta aumentada, 90 graus na volta original, 90 graus na volta diminuída). Uma resolução maior (isto é, incrementos rotacionais menores) permite uma variabilidade maior no comprimento helicoidal da perturbação. Os elementos versados na técnica irão apreciar que as máquinas com resolução maior ou menor podem ser utilizadas para formar perturbações sem que se desvie do âmbito da presente invenção.

O método de manufatura utilizado, e particularmente a máquina específica, para formar roscas com perturbações irão afetar a forma e o tamanho reais das perturbações. A Figura 5A mostra um gráfico de uma volta de carga (14A) do pino em relação à posição axial de acordo com uma realização da presente invenção. A figura 5B mostra a forma idealizada da perturbação que corresponde ao gráfico na figura 5A, ao passo que a figura 5C mostra o que pode ser a forma real da perturbação em consequência da máquina utilizada. Na figura 5A, a volta de carga (14A) do pino aumenta uma quantidade selecionada no ponto A para atingir a pressão de contato maior entre o flanco de carga do pino (225) e o flanco de carga de caixa (226). Então, a volta de carga (14A) do pino retorna à volta de carga do pino (14A) original no ponto B. No ponto C, a volta de carga do pino (14A) diminui aproximadamente a mesma quantidade que o aumento precedente

para retornar o flanco de carga do pino (225) à sua trajetória original no ponto D. Idealmente, o flanco de carga do pino (225) que corresponde ao gráfico da volta de carga do pino (14A) na figura 5A deve ser substancialmente conforme  
5 mostrado na figura 5B. Na figura 5B, o flanco de carga do pino (225) muda instantaneamente no ponto A e a uma inclinação linear constante (mais ou menos igual à mudança na volta de carga do pino (14A) mostrada na figura 5A) até o ponto B. Então, no ponto C, o flanco de carga do pino (225)  
10 começa a retornar à sua trajetória original até o ponto D. O momentum das peças móveis e o tempo de resposta nos controles podem resultar em uma perturbação mais suavizada tal como mostrado na figura 5C. Em algumas realizações, a curvatura pode ser substancialmente senoidal. Embora a forma precisa da  
15 perturbação possa variar pelo método de produção, os benefícios da pressão de contato maior ainda podem ser obtidos.

Em uma realização, uma perturbação pode ser formada durante a trajetória do acabamento ("corte de roçadura") da  
20 rosca. Conforme aqui empregado, um corte de roçadura refere-se a um corte em uma rosca subsequente a um primeiro corte. Tipicamente, um corte de roçadura remove 0,020 polegada ( $5,08 \times 10^{-4}$  metros) ou menos do material. Devido ao fato que menos material é removido durante o corte de roçadura,  
25 maiores tolerâncias de usinagem para o tamanho da perturbação podem ser obtidas. Deve ser observado, no entanto, que a perturbação usinada pode ser menor no tamanho do que aquela que foi codificado no programa de CNC. Isto ocorre principalmente devido ao empurrão da ferramenta de usinagem  
30 da rosca durante o corte. Em consequência disto, se uma perturbação de 0,002 polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) for codificada no programa de CNC, a perturbação real pode ser de apenas 0,00075 polegada ( $1,905 \times 10^{-5}$  metros). Os elementos versados na

técnica irão apreciar que as características da máquina particular resultarão em variações entre a perturbação que é inserida e o tamanho resultante da perturbação. Esta discrepância pode ser corrigida para uma máquina selecionada

5 ao aumentar o tamanho das perturbações de entrada para resultar no tamanho desejado da perturbação quando a precisão da máquina selecionada é conhecida.

Voltando à figura 6A, é mostrado um gráfico de uma volta de carga (14B) de caixa em relação à posição axial de acordo com

10 uma realização da presente invenção. A figura 6B mostra o flanco de carga de caixa (226) correspondente. Na figura 6B, a forma da perturbação é ligeiramente curvada em consequência da máquina utilizada para formar a rosca. Para conseguir a pressão de contato maior entre o flanco de carga do pino

15 (225) e o flanco de carga de caixa (226), a volta de carga de caixa (14B) diminui no ponto A. Deve ser observado que este é o inverso da figura 5A, que mudou a volta de carga 14A do pino para formar a perturbação. A observação das figuras 5A e

6A uma em relação à outra mostra que a rosca de pino ou a

20 rosca de caixa pode ter uma perturbação para conseguir uma pressão de contato maior em uma posição selecionada nas roscas. A redução da volta de carga de caixa (14B) resulta substancialmente no mesmo resultado que o aumento da volta de carga do pino (14A). Conforme mostrado na figura 4A, a

25 mudança nas voltas de conexão (12A) e (12B) é o inverso das voltas da carga (14A) e (14B). Por exemplo, para ter perturbações no flanco de carga do pino (225) e no flanco de conexão do pino (232) em uma realização, a volta de carga do pino (14A) pode aumentar e a volta de conexão do pino (12A)

30 pode diminuir mais ou menos na mesma posição axial. Essencialmente, a rosca de pino deve se alargar causando uma maior pressão de contato entre a rosca de caixa vizinha. Para ter substancialmente o mesmo efeito com perturbações no

membro de caixa, a volta de carga de caixa (14B) pode diminuir e a volta de conexão de caixa (12) pode diminuir conforme mostrado na figura 4A.

Nas figuras 7A e 7B, é mostrada uma perturbação de acordo com uma realização da presente invenção. A figura 7A mostra um gráfico da volta de carga do pino (14A), e a figura 7B mostra a perturbação correspondente no flanco de carga do pino (225). Nesta realização, a volta de carga do pino (14A) aumenta no ponto A por uma quantidade selecionada. No ponto B, a volta de carga do pino (14A) diminui mais ou menos a mesma quantidade selecionada abaixo da volta de carga (14A) do pino original. A perturbação termina no ponto C onde o flanco de carga do pino (225) retorna até aproximadamente a sua trajetória original. A perturbação correspondente mostrada na figura 7B se assemelha a um ressalto arredondado.

Voltando à figura 8, são mostradas múltiplas perturbações de acordo com uma realização da presente invenção. A Figura 8 inclui um gráfico da volta de carga do pino (14A) e a volta de conexão do pino (12A). A realização mostrada na figura 8 pode ser indicada como "empenamento de rosca induzido" porque se assemelha ao efeito de balanceio da usinagem tal como discutido acima. O empenamento da rosca pode ser "induzido" através da programação de mudanças nas voltas da rosca no programa de CNC. Na figura 8, o empenamento induzido da rosca começa nos pontos (801<sup>a</sup>) e (801B) onde ambas a volta de carga do pino (14A) (denominada "volta de carga instantânea do pino" nesta realização) e a volta de conexão do pino (12A) (denominada "volta de carga instantânea de caixa" nesta realização) começa a variar para cima e para baixo, o que resulta em um flanco de carga do pino (225) e um flanco de conexão do pino (232) ondulados. Para ter o empenamento positivo e negativo uniforme, o aumento inicial na volta de carga do pino (14A) e na volta de

conexão do pino (12A) pode ter um comprimento helicoidal  $L$ , então a diminuição subsequente na volta de carga do pino (14A) e na volta de conexão do pino (12A) pode ter um comprimento helicoidal  $2L$  de maneira tal que o flanco de carga do pino (225) e o flanco de conexão do pino (232) cruzem as suas trajetórias originais.

Para retornar às trajetórias originais nos pontos (802A) e (802B), os aumentos totais na volta de carga do pino (14A) e na volta de carga do pino (12A) multiplicados pelos comprimentos helicoidais das voltas da rosca aumentadas devem ser substancialmente igual às diminuições totais na volta de carga do pino (14A) e na volta de conexão do pino (12A) multiplicadas pelos comprimentos helicoidais.

Por exemplo, na figura 8, a volta de carga do pino (14A) e a volta de conexão do pino (12A) são menores do que a volta de carga média do pino (810) e a volta de conexão média do pino (811), respectivamente, para um total de  $5L$  no comprimento helicoidal. O flanco de carga do pino (225) e o flanco de conexão do pino (232) retornam a suas trajetórias originais nos pontos (802A) e (802B) depois que a volta de carga do pino (14A) e a volta de conexão do pino (12A) estiveram acima da volta de carga média do pino (810) e da volta de conexão média do pino (811), respectivamente, para um total de  $5L$  no comprimento helicoidal. Os elementos versados na técnica irão apreciar que os comprimentos helicoidais podem não ter que ser equivalentes se em algum ponto os valores absolutos das diminuições ou dos aumentos na volta de carga do pino (14A) e na volta de conexão do pino (12A) não forem iguais. Por exemplo, em uma realização, os aumentos na volta de carga do pino (14A) podem ser de aproximadamente  $0,002$  polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) por volta acima da volta de carga média do pino (810), e as diminuições na volta de carga do pino (14A) podem ser de aproximadamente  $0,001$  polegada ( $2,54 \times 10^{-5}$  metros)

por volta abaixo da volta de carga do pino (810). Nessa realização, o comprimento helicoidal das diminuições na volta de carga do pino (14A) pode ser aproximadamente duas vezes o comprimento helicoidal dos aumentos na volta de carga do pino (14A) para retornar à trajetória original do flanco de carga do pino (225). Em outras palavras, algumas realizações da presente invenção podem variar assimetricamente do valor nominal. Os elementos versados na técnica irão apreciar que os aumentos e as diminuições nas voltas da rosca, assim como seus comprimentos helicoidais respectivos, podem variar sem que se desvie do âmbito da presente invenção. Além disso, as realizações da presente invenção podem ter perturbações que não retornam completamente às suas trajetórias originais.

Continuando com a figura 8, são mostradas as seções transversais das roscas que correspondem ao gráfico. As seções transversais são etiquetadas A, B, e C, que correspondem aos pontos A, B, e C no gráfico. A rosca em forma de cunha na figura 4B é parcialmente composta de maneira tal que o único ponto de contato entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) estão nas perturbações. Nesta realização particular, as perturbações positivas e negativas são iguais no valor absoluto de maneira tal que o contato ocorre em cada valor máximo e mínimo das perturbações substancialmente na mesma posição da composição. Este contato é mostrado nas seções transversais A e C, que estão em um valor mínimo local e em um valor máximo local, respectivamente. Aos valores mínimos locais das perturbações (seção transversal A), os flancos de conexão (231) e (232) estão em contato. Nos valores máximos locais das perturbações (seção transversal C), os flancos de carga (225) e (226) estão em contato. Na volta de carga média do pino (810) e na volta de carga média do pino (811) (isto é, as trajetórias originais), as aberturas entre os flancos



de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) podem ser substancialmente iguais, o que é mostrado na seção transversal B.

5 À medida que a conexão na figura 8 é composta além do contato inicial nas perturbações, a abertura entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) irá desaparecer à medida que a pressão de contato nas perturbações deforma localmente a rosca. Depois que a conexão tiver sido composta a um torque desejado ou a uma posição  
10 relativa do membro de pino e do membro de caixa, uma pressão de contato maior irá existir entre os flancos de carga (225) e (226) e os flancos de conexão (231) e (232) nos valores máximos e mínimos das perturbações do que as partes restantes das roscas. Além disso, conforme discutido previamente, a  
15 abertura entre as bases (292) e (221) e as cristas (291) e (222), respectivamente, também irá diminuir ou fechar completamente quando a conexão for composta.

Voltando à figura 9, são mostradas múltiplas perturbações de acordo com uma realização da presente  
20 invenção. A Figura 9 inclui um gráfico da volta de carga do pino (14A) e da volta de conexão do pino (12A). A realização mostrada na figura 9 é similar ao "empenamento induzido da rosca" mostrado na figura 8, exceto pelo fato que a volta de carga do pino (14A) e a volta de conexão do pino (12A) não  
25 aumentam e não diminuem em uníssono. Ao invés disto, a volta de carga do pino (14A) e a volta de conexão do pino (12A) aumentam e diminuem em posições opostas de maneira tal que a rosca de pino se alarga e se estreita com cada uma das perturbações. Em outras palavras, nesta realização, a volta  
30 de carga do pino (14A) é maior do que a volta de carga média (810) substancialmente nas mesmas posições onde a volta de conexão do pino (12A) é menor do que a volta de conexão média (811). Um aumento na volta de carga do pino (14A) combinada

com uma diminuição na volta de conexão do pino (12A) alarga a rosca (consultar a seção transversal A), ao passo que uma diminuição na volta de carga do pino (14A) combinada com um aumento na volta de conexão do pino (12A) estreita a rosca  
5 (consultar a seção transversal B). Durante a composição da conexão, o contato entre os flancos deve ocorrer nas partes de largura aumentada tal como mostrado na seção transversal

A. Quando o contato ocorre nas partes mais largas, as aberturas entre os flancos ainda devem existir nas  
10 partes mais estreitas tal como mostrado na seção transversal B. Com a composição selecionada da conexão, substancialmente todas as aberturas entre os flancos irão desaparecer, e a conexão terá aumentado a pressão de contato entre os flancos nas partes mais largas.

15 As realizações da presente invenção também podem ter alturas de rosca variáveis (isto é, perturbações em uma base e/ou uma crista) no membro de pino e/ou no membro de caixa. A realização mostrada na figura 9 inclui uma variação na altura da rosca de pino. Nessa realização particular, a  
20 altura da rosca de pino aumenta mais ou menos nos mesmos locais, uma vez que os aumentos na largura da rosca de pino causam interferência entre a base da rosca de caixa (221) e a crista da rosca de pino (222), tal como mostrado na seção transversal A quando comparada à seção transversal B.

25 As variações na interferência de base/crista podem ser particularmente úteis para as realizações que têm roscas sem afunilamento. Conforme discutido acima com respeito à figura 2, para que as roscas sem afunilamento tenham uma vedação de rosca similar às roscas em forma de cunha,  
30 conexões da técnica anterior com roscas sem afunilamento cilíndricas devem requerer interferência entre os flancos de carga (154) e (155) e os flancos de conexão (157) e (158). Essa interferência deve existir substancialmente por toda a

composição da conexão porque a rosca de pino e a rosca de caixa têm uma largura contínua. Além disso, a interferência de base/crista, se existir, deve existir substancialmente por toda a composição da conexão. Isto pode conduzir a uma roçadura das roscas e em dificuldade em compor a conexão.

Em uma realização da invenção, um ou ambos o membro de pino e o membro de caixa podem ter roscas sem afunilamento com perturbações em um flanco de carga, um flanco de conexão, uma base e/ou uma crista. De preferência, as perturbações devem ser localizadas de maneira tal que, em um ou mais locais, uma vedação de rosca seja formada. Isto pode ser realizado ao selecionar o tamanho e os locais das perturbações de maneira tal que a interferência do flanco de carga, a interferência do flanco de conexão e a interferência de base/crista existam próximas umas das outras. Desse modo, as roscas sem afunilamento podem ser adaptadas para formar vedações de roscas em uma ou mais realizações da presente invenção. Com a formação de vedações de rosca somente em uma parte das roscas sem afunilamento, o risco de roçadura é diminuído em comparação à existência de interferências de flanco e interferência de base/crista por toda a conexão. Os elementos versados na técnica irão apreciar que uma perturbação em um flanco de carga, que é carregado durante a composição da conexão, pode não ser requerida para formar uma vedação de rosca por causa da alta pressão de contato inerente nos flancos de carga de uma rosca sem afunilamento.

Por causa da composição indeterminada de roscas em forma de cunha, pode ser mais desejável ter todas as perturbações no membro de pino ou no membro de caixa. Alternativamente, as perturbações no membro de pino e no membro de caixa podem estar em partes da rosca que não entram em contato (isto é, em posições axiais suficientemente diferentes tais que as perturbações não interagem). Para as

rosca sem afunilamento, que têm tipicamente um ressalto de torque de parada positivo, também pode ser desejável ter perturbações no membro de pino ou no membro de caixa porque a posição relativa do membro de pino e do membro de caixa é um pouco indeterminada, embora até uma menor extensão do que as roscas em forma de cunha.

Os elementos versados na técnica irão apreciar que a quantidade desejada de pressão de contato criada por perturbações pode variar com base na pressão a ser vedada, na substância a ser vedada, e no material utilizado para a conexão. Conforme discutido acima, uma pressão de contato mais alta resulta em uma maior capacidade de vedar uma pressão. Além disso, se o gás, que é mais difícil de vedar do que o fluido, tiver que ser vedado pela conexão, uma pressão de contato maior pode ser desejada. O material a ser utilizado para a conexão pode limitar a pressão de contato máxima permissível. Por exemplo, uma liga resistente à corrosão (CRA) é tipicamente mais suscetível aos danos de tensão localizada (tal como aquela que resulta em perturbações) do que outros aços de alta resistência. Os elementos versados na técnica poderão selecionar a pressão de contato desejada em vista do material a ser utilizado para a conexão. Alternativamente, o material pode ser selecionado em vista da pressão de contato desejada.

As realizações da presente invenção podem incluir um ou mais sulcos de alívio de tensão nas bases da rosca de pino e/ou da rosca de caixa. Tais sulcos de alívio de tensão são apresentados na patente norte-americana n°. 6.050.610 concedida a Enderle et al., e cedida à cessionário da presente invenção. Essa patente é aqui incorporada a título de referência em sua totalidade. Enderle descreve sulcos de alívio de tensão que propiciam um escape para o lubrificante preso durante a composição da conexão. O lubrificante preso

pode resultar em leituras de torque falsas, que podem resultar em conexões imprópriamente compostas. Além disso, o lubrificante preso pode danificar a conexão durante a composição se ocorrer acumulação de pressão dentro da  
5 conexão. Este problema ocorre tipicamente em ambientes mais frios quando o lubrificante é mais viscoso e tem menos capacidade de escapar da conexão para aliviar a pressão acumulada. Ele também pode ser exacerbado se a conexão for composta com uma alta velocidade de rotação.

10 Um problema inerente nos sulcos de alívio de tensão nas bases da rosca de pino e/ou da rosca de caixa, que agem como uma liberação da pressão, é que os sulcos de alívio de tensão reduzem a capacidade de vedação de rosca em partes das roscas que têm a vedação de rosca. Uma vez que, tal como  
15 descrito por Enderle, o sulco de alívio de tensão pode ser empregado em uma parte limitada da rosca e em qualquer forma, ou de profundidades variadas, a parte restante da rosca pode ser utilizada para formar uma vedação de pressão interna e externa (por exemplo, ao formar uma ou mais perturbações na  
20 rosca). Em tal realização, uma vedação de rosca deve existir onde uma ou mais perturbações ficam apropriadamente afastadas de qualquer sulco de alívio de tensão.

Em uma realização, as perturbações mostradas nas figuras 8 e 9 podem ser utilizadas em vez dos sulcos de  
25 alívio de tensão descritos por Enderle. O empenamento de rosca periódico ou induzido tal como mostrado nas figuras 8 e 9 resulta em pequenas bolsas espaçadas umas das outras de pressão de contato reduzida ou em aberturas ao longo das roscas. Os sulcos de alívio de tensão descritos por Enderle  
30 funcionam principalmente ao propiciar uma saída para o excesso de estímulo da rosca. Como uma alternativa, as bolsas espaçadas umas das outras podem propiciar locais para o lubrificante ser coletado na conexão ao invés de sair da

conexão. O autor da presente invenção acredita que a captura intermitente de lubrificante entre as perturbações com uma maior pressão de contato pode formar uma vedação de rosca melhorada. Além disso, o fato de ter lubrificante preso  
5 assegura que existe uma lubrificação suficiente na conexão para auxiliar na desconexão dos elementos tubulares após o seu uso.

Conforme discutido acima, variações periódicas das dimensões nominais ocorrem naturalmente ("variações  
10 naturais") durante o processo de manufatura. Embora os fabricantes levem várias etapas para minimizar as variações naturais, existe pelo menos alguma variação do valor nominal, e é aceitável se estiver dentro de uma tolerância desejada. Devido ao fato que a localização e a extensão exatas das  
15 variações naturais são desconhecidas durante a manufatura, pode ser desejável que o tamanho das perturbações seja selecionado de maneira tal que os benefícios sejam derivados apesar da localização das perturbações em relação às variações naturais. Por exemplo, se uma instalação de  
20 usinagem particular (por exemplo, máquina, ferramenta de usinagem, dispositivos elétricos, material, dimensões da peça) tiver uma ocorrência típica de variações naturais da ordem de aproximadamente  $\pm 0,001$  polegada ( $2,54 \times 10^{-5}$  metros). Para assegurar que haja algum benefício das  
25 perturbações na conexão (ao invés de ser cancelada pelas variações naturais), o tamanho das perturbações pode ser selecionado para ser o dobro (isto é,  $\pm 0,002$  polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) do tamanho das variações naturais.

As características da conexão podem afetar o  
30 tamanho desejado das perturbações. Idealmente, quando uma vedação de metal a metal é formada (por exemplo, uma vedação de rosca) as superfícies que entram em contato se atritam por uma curta distância, causando um "esfolamento" das

superfícies. Conforme aqui empregado, "esfolamento" significa um ligeiro polimento ou alisamento das superfícies. Se as superfícies entrarem em contato durante um tempo demasiado a uma pressão de contato demasiadamente alta, pode ocorrer roçadura. A roçadura ocorre quando o lubrificante é deslocado entre as superfícies enquanto o contato de deslizamento continua, resultando em um aumento no atrito e na acumulação de calor. Para evitar uma roçadura indesejável, as perturbações devem ser dimensionadas para impedir tempos prolongados de contato de deslizamento durante a composição. Para formar uma vedação de rosca, a pressão de contato entre as superfícies de acoplamento (por exemplo, flancos de carga, flancos de conexão, e bases e cristas) é tipicamente de aproximadamente 25 por cento a aproximadamente 100 por cento do limite de resistência do material. As formas de rosca fechada (por exemplo, roscas em forma de cauda de pombo) permitem geralmente que a pressão de contato fique na extremidade mais elevada da faixa. Idealmente, uma vedação de rosca é formada pelas superfícies que se unem por uma distância curta com uma pressão de contato elevada agudamente terminando com a pressão de contato dentro da faixa do efeito de formar uma vedação de rosca.

A relação de cunha de uma rosca em forma de cunha é um parâmetro que pode afetar o tamanho desejado da perturbação. Essencialmente, a relação de cunha determina quão "rapidamente" (isto é, por quantas polegadas (metros) lineares as superfícies entram em contato durante a composição) as superfícies entram em contato. Em geral, relações de cunha maiores permitem perturbações maiores do que relações de cunha menores. Em uma realização, o tamanho da perturbação pode ser selecionado para situar entre aproximadamente 0,1 e aproximadamente 0,2 vez a relação de cunha. Por exemplo, se a relação de cunha (diferença entre a

volta de carga e a volta de conexão) for de aproximadamente 0.020 polegada ( $5,08 \times 10^{-4}$  metros), o tamanho desejado da perturbação deve ficar compreendido entre aproximadamente 0,002 polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) e aproximadamente 0,004 polegada ( $1,02 \times 10^{-4}$  metros).

Um outro fator a ser levado em consideração na seleção do tamanho da perturbação é o material, que pode afetar a suscetibilidade à roçadura. Por exemplo, CRA é mais suscetível à roçadura do que o aço ao carbono. Desse modo, uma conexão feita de CRA (supondo que todos os outros parâmetros são igual) tem mais probabilidade de apresentar roçadura da rosca do que uma conexão feita de aço ao carbono que tem uma perturbação do mesmo tamanho. Para impedir a roçadura, a conexão feita de CRA pode ter uma perturbação menor.

Embora a invenção tenha sido descrita com respeito a um número limitado de realizações, os elementos versados na técnica, tendo o benefício da presente descrição, deverão apreciar que outras realizações podem ser planejadas sem que se desvie do âmbito da invenção tal como aqui descrito. Conseqüentemente, o âmbito da invenção deve ser limitado somente pelas reivindicações anexas.



REIVINDICAÇÕES

## 1. CONEXÃO ROSCADA, compreendendo:

um membro de pino (101) que compreende um rosca de pino que tem uma crista da rosca de pino (222), uma base da rosca de pino, um flanco de carga do pino (225), e um flanco de conexão do pino (232); e

um membro de caixa (102) que compreende uma rosca de caixa que tem uma crista da rosca de caixa (291), uma base da rosca de caixa, um flanco da carga de caixa (226), e um flanco de conexão de caixa (231),

caracterizado por uma volta de pelo menos um dentre a crista da rosca de pino (222), o flanco de carga do pino (225), o flanco de conexão do pino (232), a crista da rosca de caixa (291), o flanco de carga de caixa (226), e o flanco de conexão de caixa (231) ter pelo menos um desvio em uma trajetória original de maneira tal que uma colisão é formada na mesma, em que após o desvio, a trajetória retorna pelo menos parcialmente em direção à trajetória original antes do desvio, tal desvio sendo referido como perturbação,

em que a dita pelo menos uma perturbação é localizada de modo que a vedação da rosca é formada próximo da mesma entre a rosca de pino e a rosca de caixa, em que a pelo menos uma perturbação fica compreendida entre 0,0005 polegada ( $1,27 \times 10^{-5}$  metros) e 0,005 polegada ( $1,27 \times 10^{-4}$  metros) no tamanho, e

sendo que, com uma composição selecionada do membro de pino (101) com o membro de caixa (102), existe uma maior tensão de contato entre a rosca de pino e a rosca de caixa empelo menos uma perturbação.

2. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela rosca de pino e pela rosca de caixa serem roscas em forma de cunha.

3. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizada por cada uma da pelo menos uma perturbação ficar localizada somente em uma dentre a rosca de pino e a rosca de caixa.

4. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por pelo menos uma perturbação ficar localizada de maneira tal que a vedação de rosca é formada próxima a ela.

5. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pela rosca de pino e pela rosca de caixa serem roscas sem afunilamento e uma da pelo menos uma perturbação ser formada em um entre o flanco de conexão de pino (232) e o flanco de conexão de caixa (231).

6. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por uma pluralidade de perturbações serem formadas em uma dentre a rosca de pino e a rosca de caixa em um padrão substancialmente senoidal.

7. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por pelo menos uma perturbação ficar compreendida entre 0,001 polegada ( $2,54 \times 10^{-5}$  metros) e 0,002 polegada ( $5,08 \times 10^{-5}$  metros) no tamanho.

8. CONEXÃO, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por compreender adicionalmente um sulco formado em apenas uma parte de pelo menos uma dentre a base da rosca de pino e a base da rosca de caixa, em que pelo menos uma perturbação é localizada seletivamente para formar a vedação de rosca em um local afastado do sulco.

9. MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE ROSCA EM UMA CONEXÃO QUE COMPREENDE UM MEMBRO DE PINO (101) E UM MEMBRO DE CAIXA (102), em que

o membro de pino (101) compreende uma rosca de pino que tem uma crista da rosca de pino (222), uma base da rosca de pino, um flanco de carga do pino (225), e um flanco de conexão do pino (232), e o membro de caixa (102) compreende

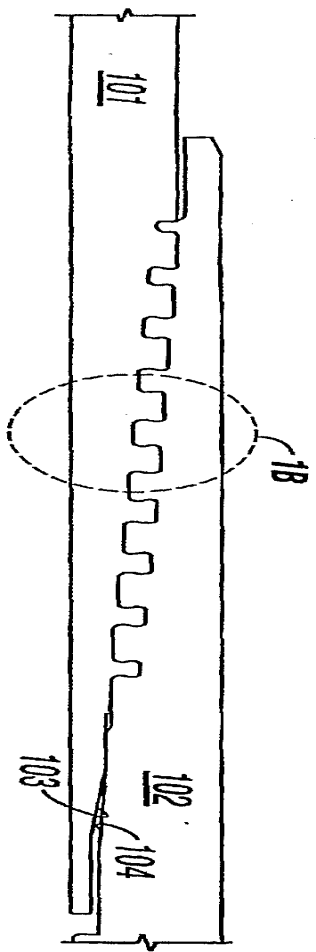
uma rosca de caixa que tem uma crista da rosca de caixa (291), uma base da rosca de caixa, um flanco da carga de caixa (226), e um flanco de conexão de caixa (231), em que o método é caracterizado por compreender:

5 a formação de pelo menos uma perturbação em uma volta de pelo menos um dentre a crista da rosca de pino (222), o flanco de carga do pino (225), o flanco de conexão do pino (232), a crista da rosca de caixa (291), o flanco da carga de caixa (226), e o flanco de conexão de caixa (231);

10 em que a perturbação é um desvio em uma trajetória original de tal forma que uma colisão é formada na mesma e, após a perturbação, a trajetória retorna pelo menos parcialmente em direção à trajetória original;

em que a dita pelo menos uma perturbação é  
15 localizada de modo que a vedação da rosca é formada próximo da mesma entre a rosca de pino e a rosca de caixa, em que a pelo menos uma perturbação fica compreendida entre 0,0005 polegada ( $1,27 \times 10^{-5}$  metros) e 0,005 polegada ( $1,27 \times 10^{-4}$  metros) no tamanho, e

20 em que, com uma composição selecionada do membro de pino (101) com o membro de caixa (102), existe uma maior tensão de contato entre a rosca de pino e a rosca de caixa em pelo menos a perturbação.



105

FIG. 1A

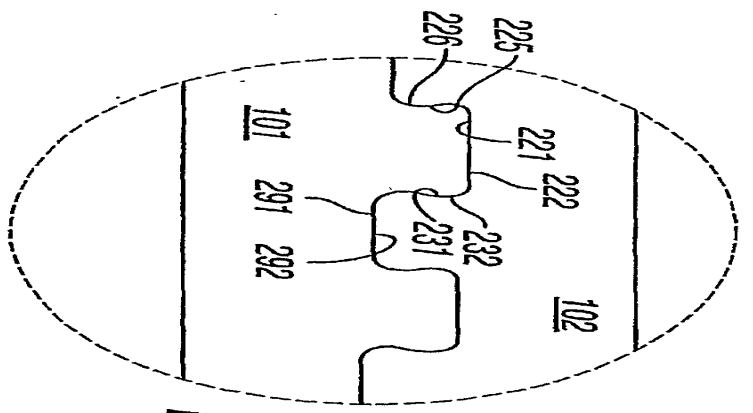


FIG. 1B

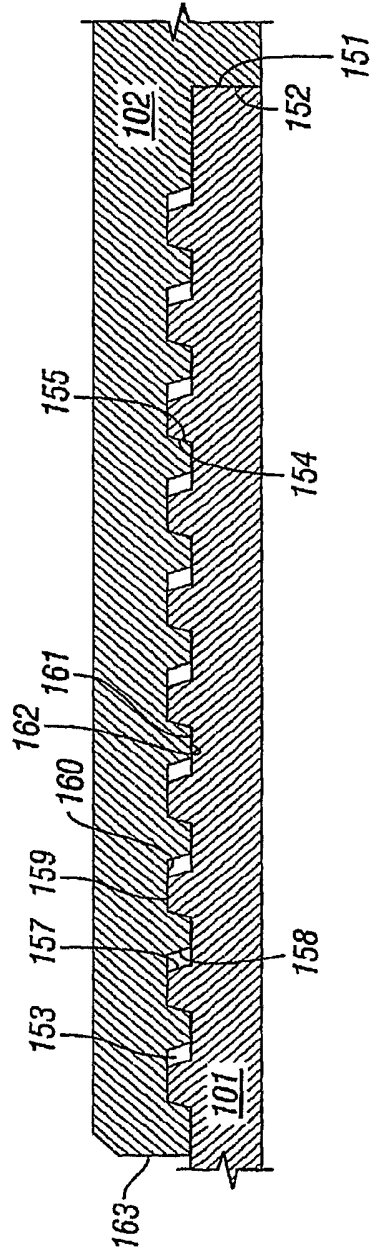


FIG. 2

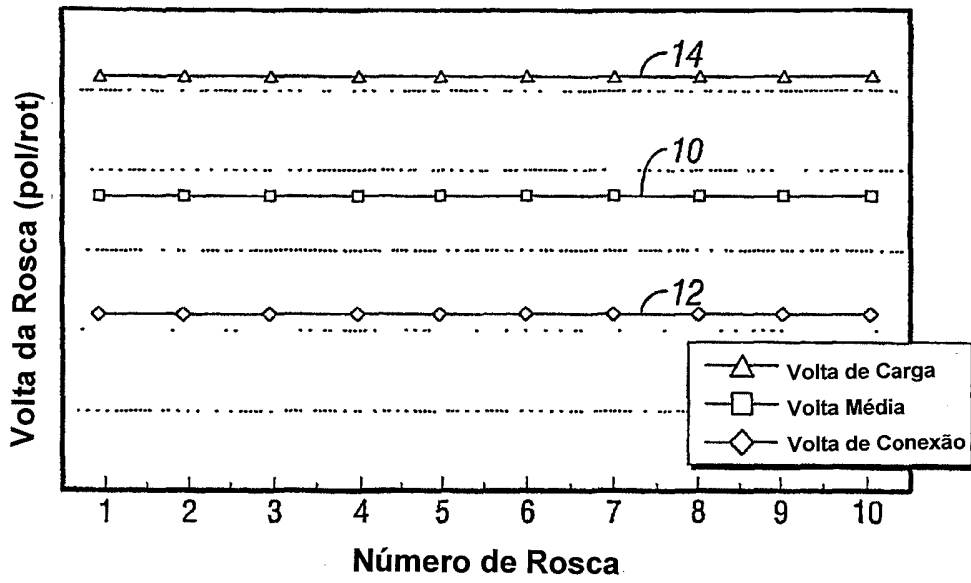


FIG. 3A

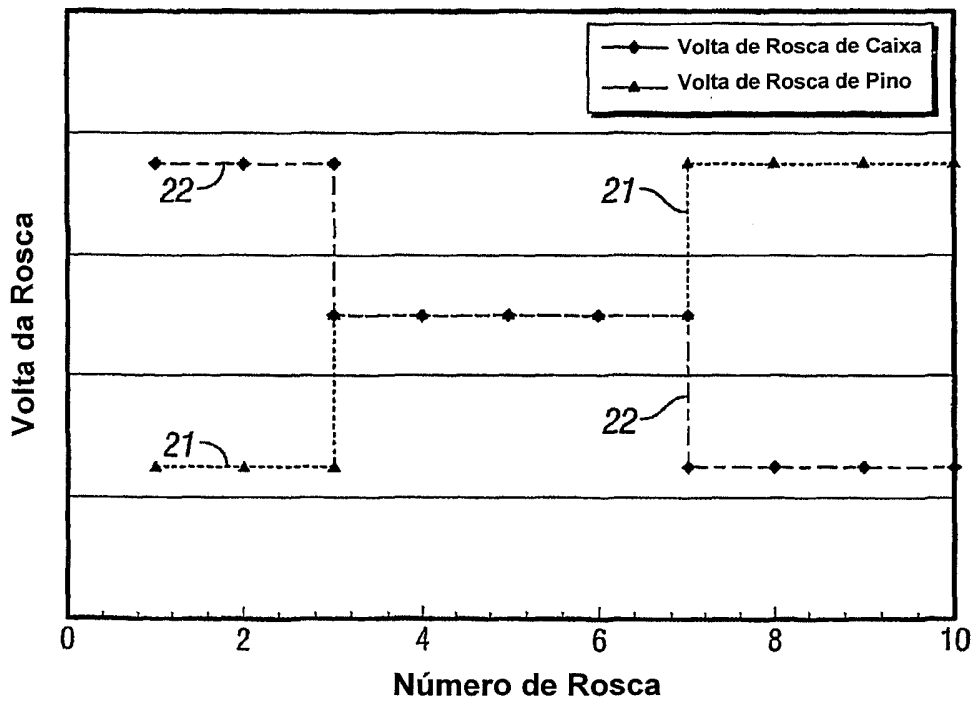


FIG. 3B

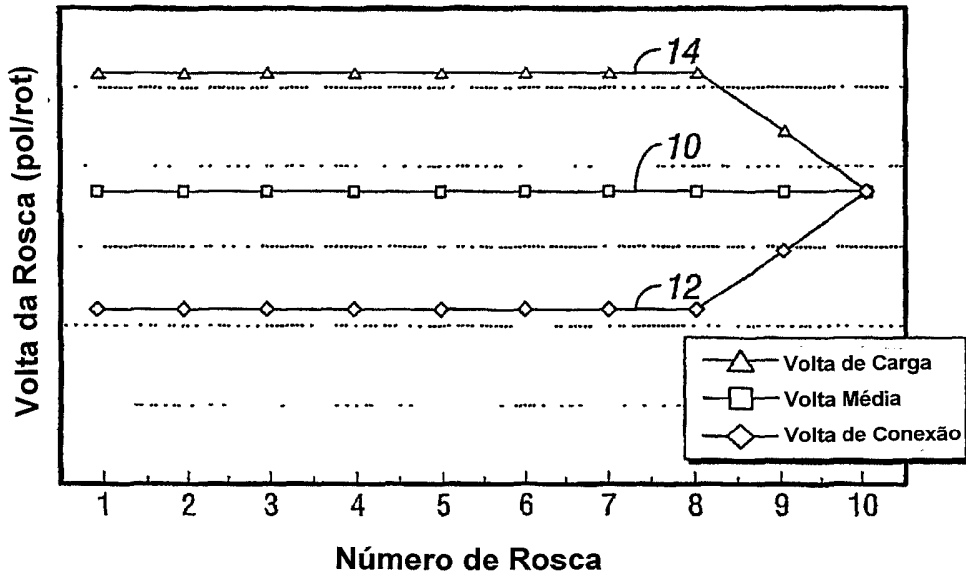


FIG. 3C

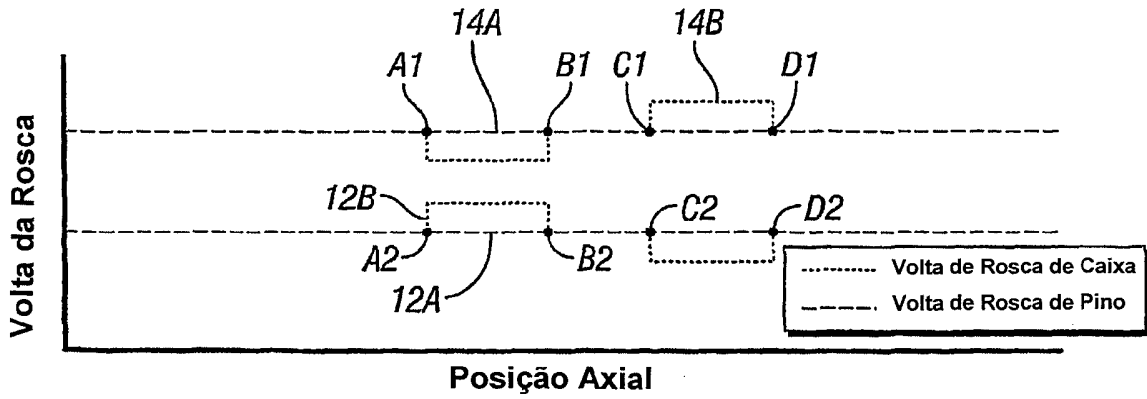


FIG. 4A

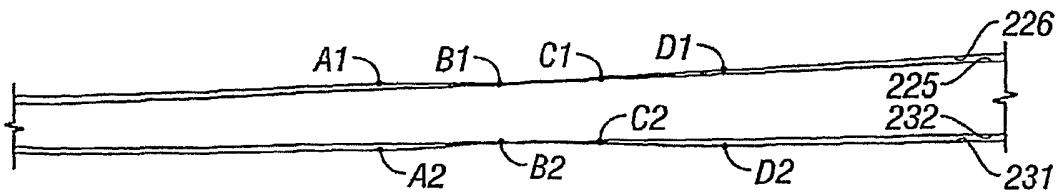
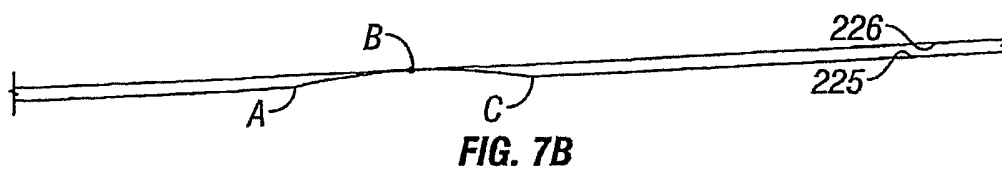
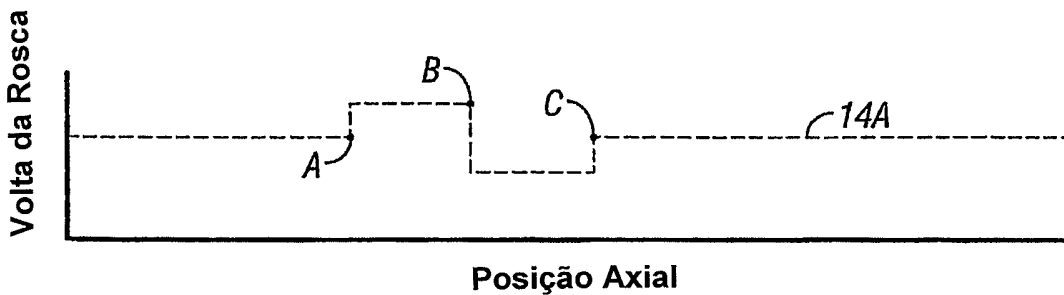
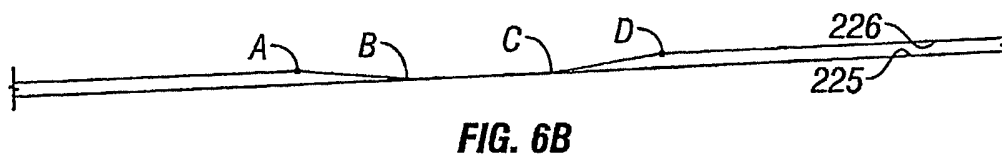
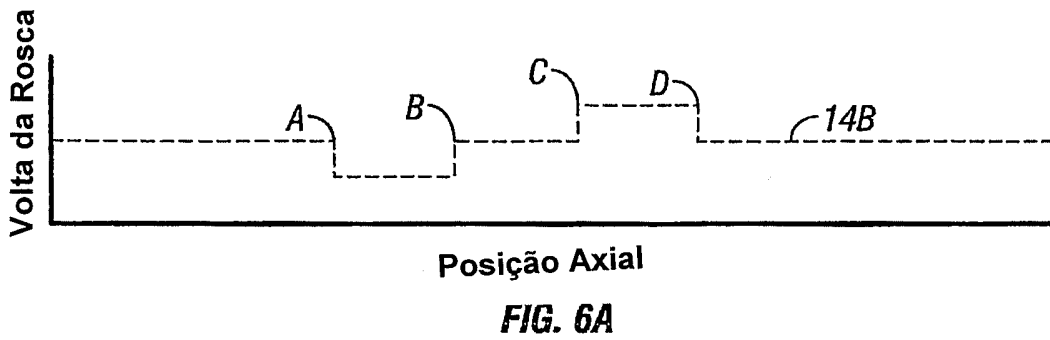
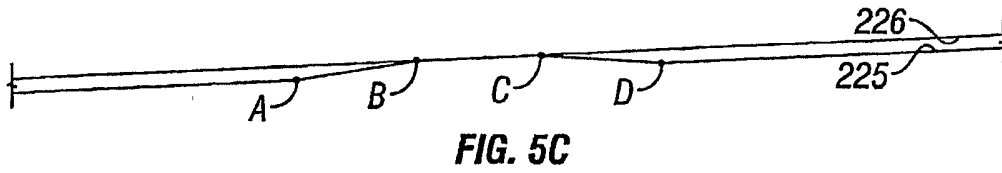
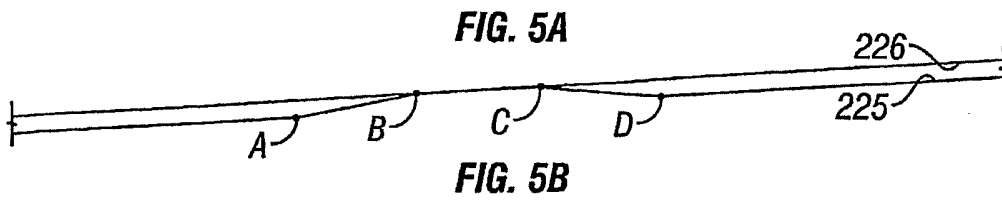
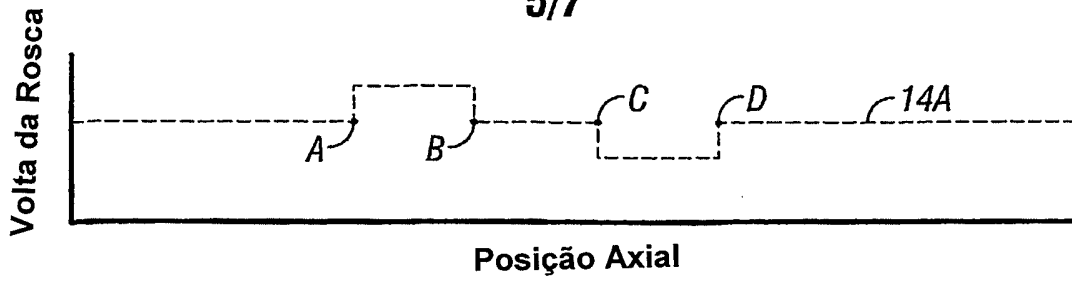


FIG. 4B

5/7





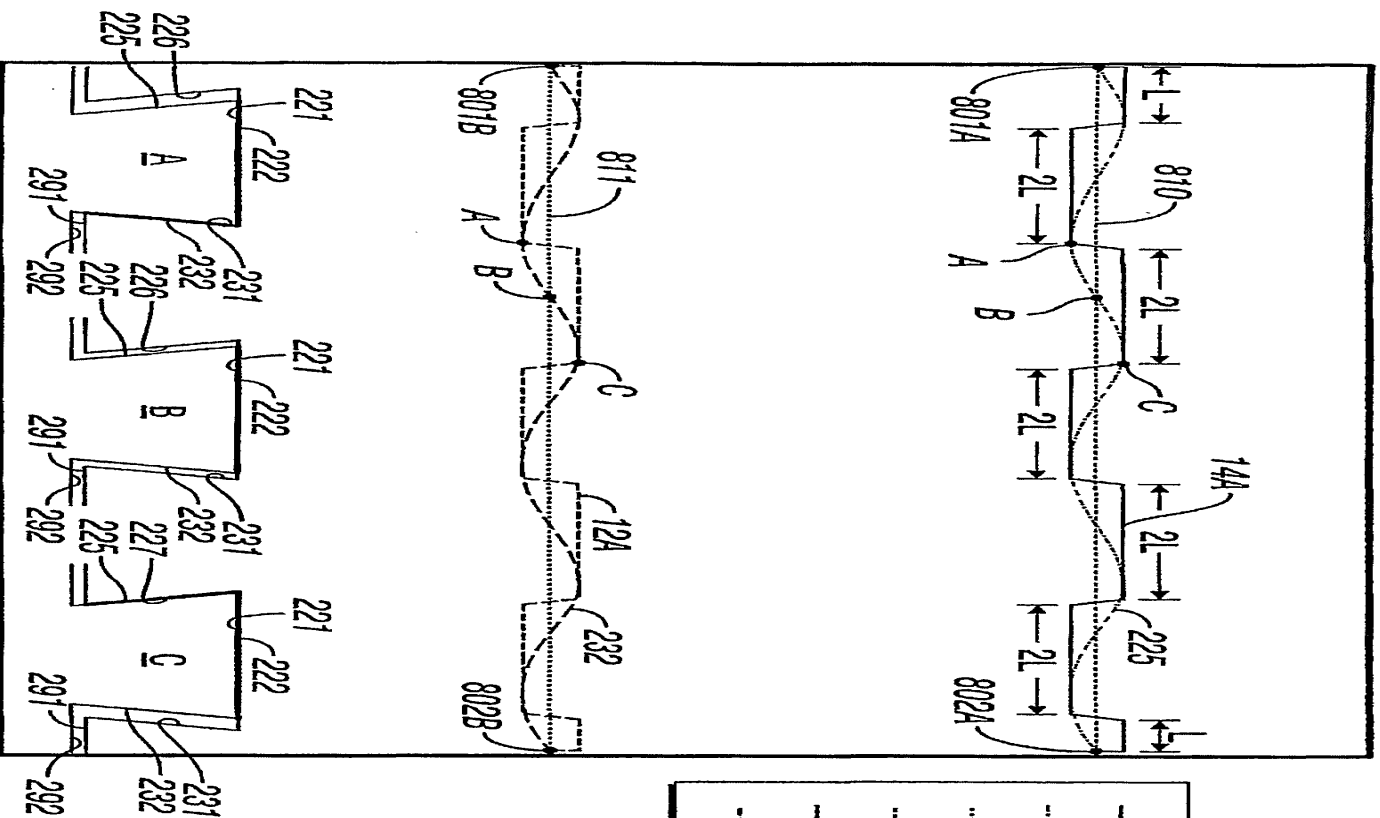
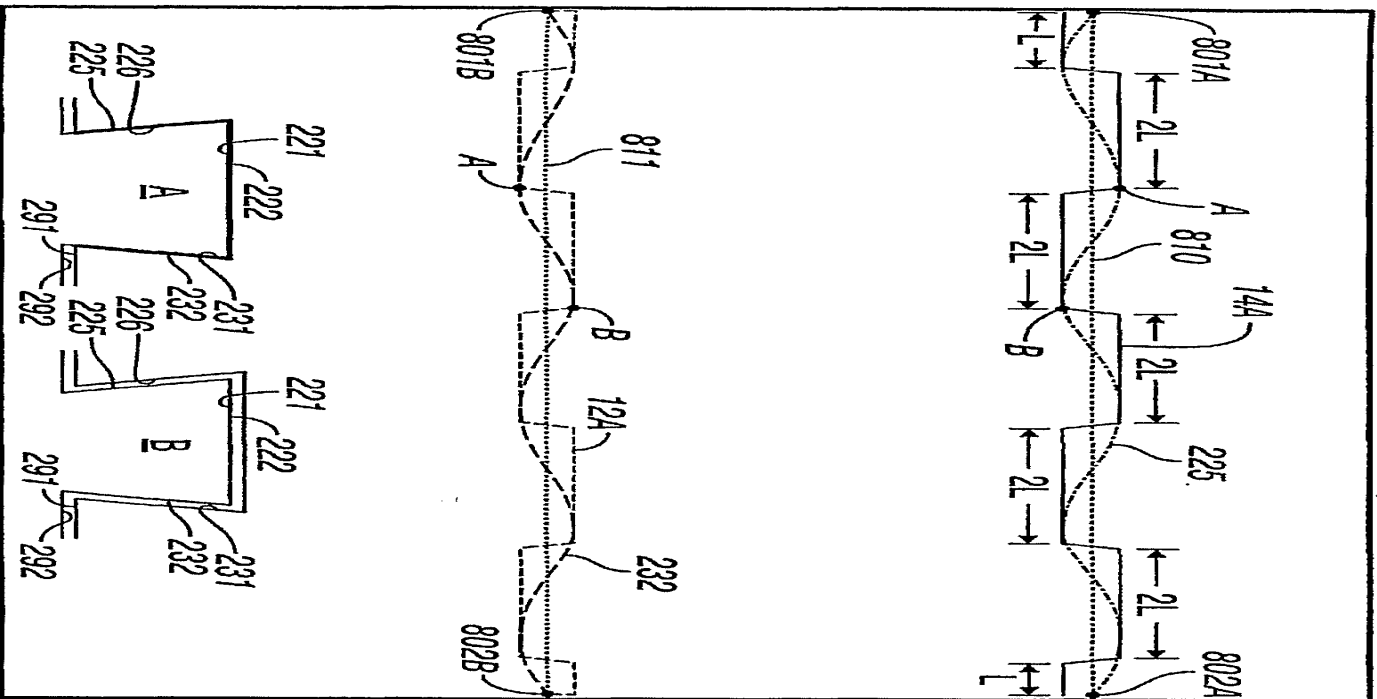


FIG. 8

- Flanco de Conexão de Pino
- - - Flanco de Carga de Pino
- ..... Volta de Conexão Média de Pino
- ..... Volta de Carga Média de Pino
- Volta de Conexão Instantânea de Pino
- Volta de Carga Instantânea de Pino



- Flanco de Conexão
- ..... Flanco de Carga
- ..... Volta de Conexão Média
- ..... Volta de Carga Média
- Volta de Conexão Instantânea
- Volta de Carga Instantânea

FIG. 9

RESUMO

CONEXÃO ROSCADA, E MÉTODO DE FORMAÇÃO DE UMA VEDAÇÃO DE ROSCA EM UMA CONEXÃO QUE COMPREENDE UM MEMBRO DE PINO E UM MEMBRO DE CAIXA

5            Trata-se de uma conexão roscada que inclui um membro de pino (101) e um membro de caixa (102), e métodos para a manufatura e a formação da dita conexão roscada. O membro de pino (101) tem uma rosca de pino com uma crista da rosca de pino (222), uma base da rosca de pino, um flanco de carga do pino (225), e um flanco de conexão do pino (232). O  
10 membro de caixa (102) tem uma rosca de caixa com uma crista da rosca de caixa (291), uma base da rosca de caixa, um flanco da carga de caixa (226), e um flanco de conexão de caixa (231). Pelo menos um dentre a crista da rosca de pino  
15 (222), o flanco de carga do pino (225), o flanco de conexão do pino (232), a crista da rosca de caixa (291), o flanco de carga de caixa (226), e o flanco de conexão de caixa (231) tem pelo menos uma perturbação formada no mesmo. Com uma composição selecionada do membro de pino (101) com o membro  
20 de caixa (102), existe uma maior tensão de contato entre a rosca de pino e a rosca de caixa em pelo menos uma perturbação.