



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

(21) PI 0809445-4 A2



* B R P I 0 8 0 9 4 4 5 A 2 *

(22) Data de Depósito: 27/03/2008
(43) Data da Publicação: 09/09/2014
(RPI 2279)

(51) Int.Cl.:
F16L 15/06
E21B 17/08

(54) Título: JUNTA DE ROSCA DOPE-FREE DE TORQUE SUPER ALTO

(57) Resumo:

(30) Prioridade Unionista: 28/03/2007 US 60/907,301

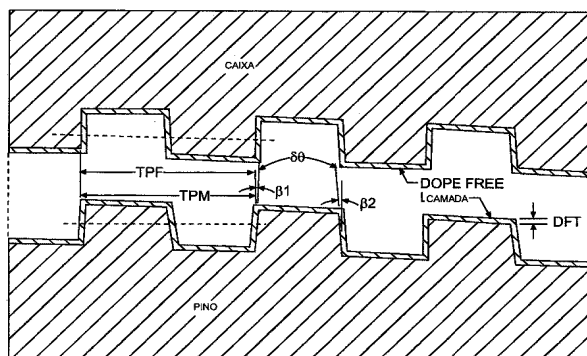
(73) Titular(es): Tenaris Connections AG

(72) Inventor(es): Francisco Alfredo Quiroga, Gabriel E. Carcagno

(74) Procurador(es): Claudia Christina Schulz

(86) Pedido Internacional: PCT EP2008053602 de 27/03/2008

(87) Publicação Internacional: WO 2008/116891 de 02/10/2008



JUNTA DE ROSCA DOPE-FREE DE TORQUE SUPER ALTO**CAMPO DA INVENÇÃO**

Esta invenção é direcionada a uma junta de rosca de
5 alto torque com um perfil de rosca de contato de flanco
para flanco, roscas trapezoidais tanto com ângulo positivo
de flanco de carga como com ângulo muito baixo de flanco de
carga, [β_1 ou a.] ; e um ângulo muito baixo e positivo de
flanco de penetração, [β_2 ou b.], onde as roscas são
10 revestidas com um tratamento sólido de superfície dope-free
(Isento de produto químico lubrificante).

HISTÓRICO DA INVENÇÃO

Nas indústrias de petróleo e gás existe a necessidade
15 de uma junta de rosca com o desempenho de torque "ultra-
alto", o que numericamente significa uma capacidade
excessiva de torque de cerca de 40% da resistência do corpo
do tubo. As tecnologias convencionais fornecem geralmente
até cerca de 20% da capacidade excessiva de torque. Há
20 pouca tecnologia da técnica que seja capaz de alcançar o
desempenho de torque "ultra-alto". Uma tecnologia requer
uma rosca em cunha, e é ilustrada pela E.U. Patente No. Re.
34.467 (Reeves) e WO 94/29627 (Mott). E.U. Patente No.
6.412.831 (Noel et al.) que divulgam a variação na rosca em
25 cunha para alcançar um torque de aperto elevado.

As roscas de cunha cônicas descritas em U.S. Patente
No. Re. 34.467 são conhecidas por fornecer uma conexão de
forma rara e forte que podem controlar a tensão e a pressão
30 do pino conectado e membros caixa e pino dentro de níveis
aceitáveis. Por esta razão, as roscas em cunha são
empregadas em muitas aplicações de serviço pesado. As
roscas em cunha geralmente têm uma forma de junta de

encaixe, com flancos de carga e flancos de perfuração que divergem externamente para criar cumes que são substancialmente mais amplos do que as raízes contínuas. Isso cria uma configuração de forma de rosca de travamento, e as roscas não dependem dos flanges para suportar cargas causadas pela montagem. A forma de encaixe das roscas, no entanto, apresenta um problema em que ao menos o alinhamento axial das juntas é perfeito durante a montagem e desmontagem, as extremidades das roscas do pino e da caixa podem entrar em contato. Tal contato pode impedir que o pino penetre completamente a caixa durante a montagem e pode causar danos às roscas.

WO 94/29627 é outro exemplo de roscas em cunha, com cumes mais amplos do que as respectivas raízes e os dois flancos de perfuração e flancos de carga geralmente em ângulo na mesma direção, ou com ângulos positivos e negativos, tal como convencionalmente medidos em relação ao eixo longitudinal da conexão. Essa configuração pode diminuir as chances de que as extremidades das roscas entrarão em contato durante a montagem e desmontagem, assim, minimiza o risco de danos da rosca.

No entanto, as configurações de rosca em cunha divulgadas na publicação 627, e na patente 467 têm a desvantagem comum de absorção muito baixa de energia para o ponto de torque final; uma resistência baixa à fadiga, devido à alta tensão presente na última rosca engatada, e uma maior tendência para o desengate, que comumente é conhecido como distensão. Essas conexões de rosca em cunha requerem tolerâncias de usinagem apertada, o que torna difícil e caro para a fabricação, bem como difícil de inspecionar defeitos. Ainda mais, os ângulos agudos das

rosca em cunha destituídas no lado do flanco de carga e/ou lateral do flanco de perfuração têm cortes agudos que são deletérios para a função de conexão. Essas rosca também se tornam mais frágeis durante a sua utilização como uma
5 consequência de entalhar a raiz da rosca, que é causada pelo formato dos ângulos.

A U.S. Patente No. 6.412.831 revela uma conexão de rosca de dois tubos metálicos, que incluem uma rosca cônica com um tipo de rosca trapezoidal macho em um elemento de
10 pino e um rosca trapezoidal fêmea no elemento caixa. Embora a largura da rosca no cume é menor que a largura da rosca da raiz, que é realizada por um pequeno ângulo negativo de flanco de carga (a. é de preferência -3°) combinado com um ângulo maior positivo de flanco de perfuração (b. é de preferência 13°), que se combinam para definir um ângulo
15 incluído ($\delta\theta$) entre as superfícies do flanco de carga e flanco de perfuração que ainda é positivo (de preferência 10°). Embora os elementos macho e fêmea são ditos capazes de atingir uma posição distante onde os dois flancos da rosca macho entram em contato com dois flancos de rosca fêmea, ressalta-se que uma forma de graxa viscosa do
20 produto químico lubrificante criticamente é necessário. (Consulte a coluna 8, linha 46).

Assim, alcançar uma montagem com um torque mais
25 elevado requer uma graxa viscosa com a geometria da rosca em cunha adaptada ilustrada na patente 831. Esta é uma desvantagem. Embora talvez não haja qualquer interferência radial, a presença do produto químico lubrificante viscoso cria uma alta pressão em as duas, cumes e raízes, que
30 diminui a pressão de contato entre os flancos, e resulta em uma diminuição no torque. Por estas razões, bem como por razões ambientais, é altamente desejável evitar o uso de

produto químico lubrificante, a fim de alcançar um valor de torque elevado.

5 As vantagens e desvantagens do produto químico, lubrificante ou graxa (ou seja, API 5A3, que é um lubrificante API modificado) como um tratamento de rosca é conhecido. Uma classe particular de pré-tratamentos secos de rosca, que não exige a aplicação de produto químico, lubrificante ou graxa como lubrificante, também já são
10 conhecidos, e como os pré-tratamentos seco são muito referidos aqui como "dope-free" (isento de produto químico lubrificante).

Os requerentes da patente aqui incorporada por
15 referência à divulgação da *U.S. Patent Application Publication* No. 2005/0176592 A1 para mais detalhes sobre um revestimento lubrificante seco dope-free alcançado pela aplicação de uma película seca, incluindo um polímero intrinsecamente condutor para uma superfície da rosca. Os
20 requerentes da patente também aqui incorporada por referência à divulgação da U.S. Patente No. 6.971.681 B2, para detalhes de tratamentos seco de superfície de roscas para a utilização na indústria de extração de gás e óleo que aumenta tanto a resistência à corrosão como a
25 resistência de uma junta de conexão.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Em um aspecto, a presente invenção é direcionada a uma junta com rosca que compreende um membro caixa com roscas e
30 um membro pino com roscas configurados e posicionados para encaixar com as roscas do membro caixa, onde o membro caixa e o membro pino têm perfis de rosca de contato de flanco para flanco e ângulos baixos e positivos de flanco de carga

[β_1 ou a.] e ângulos baixos e positivos de flanco de perfuração [β_2 ou b.], que correspondem nos pinos e caixas de encaixe. Os ângulos baixos e positivos de flanco devem ser de aproximadamente 3° a aproximadamente 15° , mais de preferência cerca de 3° para cerca de 10° , e mais preferivelmente cerca de 3° para cerca de 5° , como convencionalmente medido a partir de um eixo vertical que é normal para a linha central da conexão. Estas combinações de valores de ângulos baixos, positivos definem uma rosca trapezoidal com um ângulo formado entre as duas superfícies de flanco de uma rosca ($\delta\theta$), que variará entre 6° e 30° , e de preferência será de 8° . As roscas de pelo menos um do membro caixa e membro pino também podem ser chanfradas.

As roscas usinadas em um ou dois membros caixa e pino são, então, pré-tratadas com um revestimento de superfície dope-free. O revestimento de superfície dope-free permite o cumprimento integral com um modelo matemático divulgado e evita o efeito de uma diferença de pressão entre uma montagem e desmontagem. A única combinação de tratamentos de superfície dope-free e valores positivos, baixos tanto para ângulos de flanco de perfuração como de carga, cooperam para produzir uma conexão surpreendentemente alta de torque que é consistente em qualquer uma montagem ou desmontagem da conexão. O torque alto de aperto e partida é particularmente vantajoso para as operações de perfuração utilizando ferramentas de rotação, pois reduz significativamente o risco de desconexão (distensão).

Estes e outros aspectos da presente invenção serão evidentes para a consideração da seguinte descrição detalhada tomada em conjunto com os desenhos anexos, em que

as modalidades preferidas da presente invenção são descritas e ilustradas.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

5 FIG. 1 mostra esquematicamente, em visão aumentada, uma configuração de uma caixa e pino com roscas trapezoidais em que cada uma tem um revestimento dope-free, de acordo com a presente invenção, e

10 A FIG. 2 mostra esquematicamente, em visão aumentada, uma configuração preferida de uma caixa e pino com roscas trapezoidais chanfradas ou arredondadas entre cada superfície de flanco e uma superfície de cume adjacente ou superfície de raiz, em que cada superfície de roscas tem um
15 revestimento dope-free, de acordo com a presente invenção, e

 A FIG. 3 mostra os ângulos baixos e positivos de flanco de perfuração e carga para um tipo de reforço
20 modificado de configuração de rosca trapezoidal de um pino com dimensões preferenciais de acordo com uma modalidade da presente invenção, e

 A FIG. 4 mostra os ângulos muito baixos e positivos de
25 flanco de perfuração e carga para um tipo de reforço modificado de configuração de rosca trapezoidal de uma caixa com dimensões preferenciais de acordo com uma modalidade da presente invenção, e

30 A FIG. 5 é uma TABELA que ilustra a variação de torque máximo para as configurações diferentes, quer com um revestimento de produto químico lubrificante API ou isento

de produto químico lubrificante, de acordo com a presente invenção, e

5 A FIG. 5 é um GRÁFICO que ilustra a variação de torque máximo para combinações de ângulo baixo de flanco de perfuração e carga, como uma função de valores de interferência diferentes de acordo com a presente invenção, e

10 A FIG. 7 é um GRÁFICO que mostra a variação de torque máximo como uma função de diferentes ângulos baixos para mais altos de flanco de perfuração, de acordo com a presente invenção.

15 A FIG. 8 é uma TABELA que ilustra a variação de torque máximo para as diferentes configurações de geometria da rosca, de acordo com a presente invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS DA INVENÇÃO

20 A presente invenção é direcionada para fornecer uma junção de rosca com um perfil de rosca de contato de flanco para flanco que é definido por roscas trapezoidais com os dois ângulos muito baixos e positivos de flanco de carga, [β_1 ou a.], e um ângulo muito baixo e positivo de flanco de penetração, [β_2 ou b.]. Especificamente, a presente
25 invenção é direcionada para fornecer uma junta de rosca que compreende um membro caixa e um membro pino em que cada um tem um perfil de rosca de contato de flanco para flanco que é preferido incluído o ângulo entre os flancos de 8° que é
30 definido por ângulos muito baixos, mas positivos de carga e de flanco que preferencialmente cada um está entre 3° e 5° . Tais roscas para uma caixa e o pino esquematicamente são

mostradas nas Figuras 1 e 2 após usinagem, e também após a aplicação de um revestimento dope-free.

As FIGS. 3 e 4 esquematicamente mostram detalhes da modalidade preferida, que compreende um OD de 3,5 polegadas (8,89 cem) e uma forma de rosca de reforço modificada, na qual chanfros ou formas arredondadas são aplicadas as intersecções de superfícies de flanco com uma superfície de cume ou uma superfície de raiz, e sem o revestimento dope-free para a objetividade . FIG. 3 ilustra ângulos positivos preferidos de flanco de perfuração e carga para uma configuração de rosca trapezoidal de um pino com dimensões preferenciais de acordo com as modalidades da presente invenção. FIG. 4 ilustra ângulos positivos preferidos de flanco e carga para uma configuração de rosca trapezoidal de uma caixa com dimensões preferenciais de acordo com uma modalidade da presente invenção. As roscas da parte do pino da junta com rosca e a parte do pino da junta com rosca em que cada um tem um ângulo de flanco de carga [β_1 ou a.] de cerca de 3° e um ângulo de flanco de perfuração [β_2 ou b.] de cerca de 5° . A presente invenção, porém, não é limitada e contempla ângulos positivos e úteis de flanco de aproximadamente 3° para aproximadamente 15° como medido a partir de um plano perpendicular à linha central da conexão. De preferência, o ângulo de flanco varia de cerca de 3° para cerca de 10° . Como mostrado nas FIGURAS 3 e 4, um ângulo do flanco de carga de 3° e ângulo de flanco de perfuração de 5° são definidos pela usinagem. A fina camada de um revestimento dope-free para ser aplicada às roscas de um ou os dois, pino e caixa depois da usinagem é muito fina e uniforme, e não altera a geometria.

O seguinte modelo matemático derivado da teoria matemática da elasticidade é usado para calcular o torque esperado para um perfil determinado com a função dos ângulos de flanco de rosca:

$$5 \quad T = \mu \cdot \pi \cdot \delta \cdot E \cdot (b^2 - a^2) \cdot (c^2 - b^2) \cdot \frac{[\sec(\beta_1) + \sec(\beta_2)]}{(1 - \nu^2) \cdot b \cdot (c^2 - a^2)} \cdot \left[\frac{L}{\tan(\beta_1) + \tan(\beta_2)} + b \cdot \nu \right] \quad (1)$$

Onde:

T = torque;

μ = coeficiente de fricção;

δ = interferência radial;

10 E = modulo de elasticidade;

a = raio interno;

b = raio médio da rosca;

β_1 = ângulo de flanco de carga;

β_2 = ângulo de flanco de perfuração;

15 ν = coeficiente de Poisson; e

L = comprimento axial completo de uma rosca ativa.

C = raio externo

Uma vez que o perfil preferido de flanco do pino e
 20 caixa foi determinado, e os membros caixa e pino foram
 usinados com base no perfil de flanco preferencial, a junta
 pode ser montada em qualquer uma situação de isenção (dope-
 free) ou com produto químico lubrificante. No entanto,
 descobriu-se que o uso de um produto químico lubrificante
 25 viscoso provoca o desvio do modelo matemático acima, devido
 ao fluxo de pressão ou movimento ao longo do tempo de
 produto químico lubrificante viscoso preso entre as
 superfícies de flanco e nos espaços entre uma parte da raiz
 e cume de uma rosca de encaixe. O produto químico
 30 lubrificante em tal cenário pode agir como uma pressão de
 homogeneização não-compressiva nos cumes e raízes. A
 presença do produto químico lubrificante, portanto, foi

encontrada para tornar isso muito difícil a obtenção do contato total de flanco para flanco na montagem. Surpreendentemente, as configurações da camada seca de dope-free ensinadas aqui permitem a plena conformidade com o modelo matemático. Além disso, com um revestimento dope-free o contato desejado de flanco para flanco pode ser obtido no início da montagem da junta, e não há variação no tempo quando com o produto químico lubrificante (dope).

Além disso, o perfil de rosca de contato de flanco para flanco e ângulos baixos de flanco, o perfil de rosca de acordo com a presente invenção de preferência inclui também chanfros ou cantos arredondados em interseções de uma superfície de flanco com uma superfície de cume ou de raiz, para melhorar a perfuração de rosca, como ilustrado nas Figs. 1, 3 e 4. As superfícies de cume e raiz podem ter qualquer perfil e a forma de chanfro que é consistente com os ângulos para as superfícies de flanco de carga e flanco de perfuração que são divulgadas aqui. A presente invenção não se limita a nenhuma superfície de raiz ou cume particular e modificações, como a inclusão de um sulco em uma ou em na raiz e cume que pode ser feita sem se afastar do âmbito da presente invenção. Além disso, a junta pode ser construída com ou sem um flange de torque. Por exemplo, se o torque é alto o suficiente, a montagem pode ser definida pela posição, sem a necessidade de um flange de torque. Exemplos 1 e 2 não incluem um flange de torque. Exemplos 3 e 4 não incluem um flange de torque.

Os valores de interferência radial $[\delta]$ para todas as modalidades são baixos e, de preferência entre cerca de 0 a cerca de 0,5 mm.

A conexão da presente invenção pode ser aplicada a todo o tipo de conexão, principalmente, quer nos casos em que o membro fêmeo é formado em uma parte final de um tubo ou quando uma conexão com dois membros fêmeos é utilizada em ambas as extremidades para unir dois tubos machos. Os materiais úteis para a conexão são os aços de carbono comum, aços inoxidáveis ou aço de liga de cromo com uma elasticidade aproximada de 552 MPa (80 ksi) para cerca de 1034 MPa (150 ksi) e uma conexão preferida emprega um grau de aço API L80. Enquanto uma modalidade OD de 3,5 polegadas (8,89 cm) é ilustrada nas Figuras 3 e 4, os exemplos preferidos que se seguem são para uma conexão OD de 4,5 polegadas (11,43 cm) e uma conexão de OD de 7 polegadas (17,78 cm), que também são dimensões comum de conector API.

15

As combinações de rosca trapezoidal ilustradas em visão aumentada pelas FIGS. 1 e 2 são apresentadas para estabelecer uma definição esquemática de referências específicas conforme aqui utilizadas. A caixa e o pino são caracterizados por roscas cônicas macho e fêmea, que têm um ângulo comum de flanco de carga β_1 , um ângulo comum de flanco de perfuração β_2 ; um passo TPM de rosca macho que é o mesmo que o passo da rosca fêmea, TPF e um ângulo formado entre as duas superfícies de flanco de cada rosca macho e fêmea ($\delta\theta$), que é positivo e menor que cerca de 20°. Conforme ilustrado, as superfícies de flanco de perfuração e superfícies de flanco de carga farão contato com uma superfície considerável quando acoplados. Após as superfícies de rosca uma fina camada de dope-free que compreende um lubrificante seco foi aplicado, com uma espessura, Df_t , que é da ordem de 10-20 μ m de espessura. A FIG. 2 difere da FIG. 1 em que as superfícies de flanco

30

interceptam as superfícies de cume e raiz com uma transição arredondada ou chanfrada.

FIGS. 3 e 4 ilustram mais detalhes e as dimensões de uma modalidade tendo preferido, roscas chanfradas trapezoidais para ambos contato de superfície de perfuração e flanco entre um pino e uma caixa respectivamente, com o revestimento dope-free que não é mostrado para objetividade. Esta ilustração é para uma rosca reforçada modificada de 5 roscas por polegada, com a geometria de contato de flanco para flanco. As seguintes dimensões são representativas para uma OD de 3,5 polegadas (8,89cm), e demonstram a geometria de contato de flanco para flanco utilizando ângulos muito baixos, mas positivos de flanco de perfuração.

15

A FIG. 3 ilustra um pino com uma rosca cônica, macho 10, do tipo reforçado, modificado com uma superfície de flanco de carga 12, uma superfície de flanco de perfuração 14, uma superfície de cume de rosca macho 16, e uma superfície da raiz de rosca macho 18. A linha 11 de passo da rosca é espaçada a uma distância de 13 do cume que é, 74 mm. A distância 15 entre a superfície da raiz e do cume é de 1,27 mm. A largura da rosca 17 na linha de passo é de 2,54 mm. A superfície de flanco de espaçamento 19 na linha de passo é de 2,54 mm. O ângulo baixo, mas positivo, de flanco de carga β_1 é 3° e o ângulo baixo, mas positivo de flanco de perfuração β_2 é de 5° . O ângulo incluído entre as superfícies de flanco $\delta\theta$ é 8° . A TPM do passo da rosca da caixa é 5,08mm. O R1 de chanfro do flanco de carga é de 30 0,2 mm e o redondo do flanco de carga R2 é 0,2 mm.

A FIG. 4 ilustra uma caixa com uma rosca cônica fêmea 20 do tipo reforçada modificada com uma superfície de

flanco de carga 22, uma superfície de flanco de perfuração 24, uma superfície de cume de rosca fêmea 26, e uma superfície da raiz de rosca fêmea 28. A linha 21 de passo da rosca é espaçada a uma distância de 23 do cume que é, 74
 5 mm. A distância 25 entre a superfície da raiz e do cume é de 1,27 mm. A largura da rosca 27 na linha de passo é de 2,54 mm. A superfície de flanco de espaçamento 29 na linha de passo é de 2,54 mm. O ângulo baixo, mas positivo de flanco de carga β_1 é 3° e o ângulo baixo, mas positivo de
 10 flanco de perfuração β_2 é de 5° . O ângulo incluído entre as superfícies de flanco $\delta\theta$ é 8° . O redondo do flanco de perfuração R3 é de 0,4 mm e o chanfro do flanco de perfuração R4 é 0,4 mm.

15 **EXEMPLOS DETALHADOS**

Exemplo 1

Nesta primeira modalidade, os membros caixa e pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco com um ângulo baixo, positivo de flanco de carga [β_1 ou a. = 3°] e
 20 ângulo baixo e positivo de flanco de perfuração [β_2 ou b. = 5°] tanto para o membro caixa como para o membro pino, de modo que define uma rosca trapezoidal com um ângulo incluído entre os flancos $\delta\theta$ de 8° . Parâmetros adicionais deste primeiro exemplo incluem:

25

Peso: 12.7 ppf;

Tpi: 5 ;

u: 0.32 (aço carbono)

OD: 4.5"; e

30

δ (interferência radial): 1.5×10^{-4} m

A junta desta modalidade foi montada com a utilização de um produto químico lubrificante, e particularmente API

5A3, que é uma graxa modificada API. Como pode ser observado das Tabelas 1-1 e 1-2, abaixo, o torque de partida foi maior que o torque de aperto tendo uma diferença significativa em comparação com o uso de tecnologia dope-free, como mostrado abaixo no Exemplo 2. Além disso, note que os valores máximos de torque são muito mais baixos em comparação com o uso da tecnologia dope-free.

Tabela 1-1

Execução de Aperto	Torque Maximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	2850	0	0	0	0	0	1.934
2	2316	0	0	0	0	0	1.646

10

Tabela 1-2

Execução de Partida	Torque Máximo (ft-lbs.)	Giros Finais
1	6299	2.833

Exemplo 2

15 Nesta segunda modalidade, está empregado o mesmo material e configuração da rosca do Exemplo 1. Os membros caixa e pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco, um ângulo baixo e positivo de flanco de carga [β_1 ou a] de 3° e ângulo baixo, e positivo de flanco de perfuração [β_2 ou b.] de 5° tanto para o membro caixa como para o membro pino, de modo que define uma rosca trapezoidal com um ângulo incluído entre os flancos [$\delta\theta$] de 8°. A junta desta modalidade foi montada com a utilização de um revestimento de solução dope-free, de duas camadas

20

25 que exibiu um lubrificante seco e propriedades anti-

corrosão, de acordo com que foi ensinado da US 6.971.681 B2, aqui incorporada a título de referência. A primeira camada uniforme foi de cerca de 10µm em espessura e um composto de resina epóxi contendo partículas de zinco (Zn) como um revestimento de inibição de corrosão seca. A primeira

5 revestimento de inibição de corrosão seca. A primeira camada foi coberta por uma camada uniforme de cerca de 10µm em espessura e composta por uma mistura de MoS2 em um aglutinante inorgânico como um revestimento lubrificante seco. Como pode ser observado nas Tabelas 2-1 e 2-2, abaixo,

10 os valores de torque de aperto e partida são significativamente mais elevados do que torques de aperto e partida da modalidade de produto químico lubrificante equivalente, conforme detalhado nas Tabelas 1-1 e 1 -2, acima.

15

Tabela 2-1

Execução de Aperto	Torque Maximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	10830	0	0	0	0	0	1.032
2	10320	0	0	0	0	0	0.93

Tabela 2-2

Execução de Partida	Torque Máximo (ft-lbs.)	Giros Finais
1	10140	1.03
2	9970	0.94

20 Exemplo 3

Nesta terceira modalidade, tanto os membros caixa e de pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco, um ângulo baixo e positivo de flanco de carga [β_1 ou a] de 3° e ângulo baixo e positivo de flanco de

perfuração [β_2 ou b.] de 5° para o membro caixa como para o membro pino, de modo que define uma rosca trapezoidal com um ângulo incluído entre os flancos [$\delta\theta$] de 8°. A junta do exemplo 3 tinha uma conexão de 4,5" (11,43cm) de grau aço L80 API com um flange de torque, tendo um peso de 12,6 pounds (5,72kg) por pé (ppf) e uma interferência diametral entre 0 e 0,5 mm. Parâmetros adicionais desta terceira modalidade incluem:

10 Peso: 12.7 ppf;
 Tpi: 5;
 u: 0.32 (Aço carbono)
 OD: 4.5"; e
 δ (interferência radial): 1.5×10^{-4} .

15

A junta do Exemplo 3 foi montada com a utilização de um produto químico lubrificante, e particularmente API 5A3, que é uma graxa modificada API. Como pode ser observado das Tabelas 3-1 e 3-2, abaixo, o torque de partida foi maior que o torque de aperto. Novamente, há uma diferença significativa em relação à primeira modalidade, tal como descrito acima em que uma tecnologia dope-free é empregada.

20

Tabela 3-1

Execução de Aperto	Torque Maximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	3313	2143	1170	0.011	1.31	5.3	1.31
2	2688	1915	773	0.008	1.0380	05.1	1.038

25

Tabela 3-2

Execução de Partida	Torque Máximo (ft-lbs.)	Giros Finais
1	6508	1.58
2	7850	1.263

Exemplo 4

5 Nesta quarta modalidade, está empregado o mesmo material e configuração da rosca do Exemplo 3.

Os membros caixa e pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco e o ângulo de flanco de carga
10 [β_1 ou a.] é 3° e o ângulo de flanco de perfuração [β_2 ou b.] é 5°, tanto para o membro caixa como para o membro pino, de modo que define um ângulo positivo de flanco incluído [$\delta\theta$] de 8°. A junta desta modalidade foi montada com o uso de um revestimento de solução dope-free com ambos
15 lubrificantes e propriedades anti-corrosão: uma primeira camada uniforme de um revestimento de inibição de corrosão seca e da referida primeira camada sendo coberta por uma segunda camada uniforme de revestimento lubrificante seco. A primeira camada uniforme foi de cerca de 10 μ m em
20 espessura e um composto de resina epóxi contendo partículas de zinco (Zn) como um revestimento de inibição de corrosão seca. A primeira camada foi coberta por uma camada uniforme de cerca de 10 μ m em espessura e composta por uma mistura de MoS₂ em um aglutinante inorgânico como um revestimento
25 lubrificante seco.

Como no Exemplo 3, a junta do Exemplo 4 foi uma conexão de 4,5" (11,43cm) de grau aço L80 API com um flange

de torque, tendo um peso de 12,6 pounds (5,72kg) por pé (ppf) e uma interferência diametral entre 0 e 0,5 mm.

5 Como pode ser observado nas Tabelas 4-1 e 4-2, abaixo, os valores de torque de aperto e partida são significativamente mais elevados do que torques de aperto e partida das modalidades nos exemplos de comparação que utilizam um produto químico lubrificante, conforme mostrado nas Tabelas 3-1 e 3-2.

10

Tabela 4-1

Execução de Aperto	Torque Maximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	1322	10530	2690	0.721	0.022	5.8	0.743
2	12510	10050	2460	0.750	0.031	5.51	0.781
3	12780	10647	21330	0.711	0.029	5.4	0.740

Tabela 4-2

Execução de Partida	Torque Máximo (ft-lbs.)	Giros Finais
1	12850	1.12
2	13020	1.45
3	12540	1.52

15

20 A partir de uma comparação do Exemplo 1 de produto químico lubrificante com a estrutura semelhante, mas com uma fina camada de dope-free que compreende um lubrificante seco, no Exemplo 2, bem como de uma comparação do Exemplo 3 de produto químico com a estrutura semelhante, mas com uma fina camada de dope-free que compreende uma camada de

lubrificante seco sobre uma camada resistente à corrosão, no Exemplo 4, resultados surpreendentes podem ser vistos. Ao empregar, em combinação, um revestimento de solução seca e fina de dope-free, em combinação com uma configuração de rosca trapezoidal com um nível de ângulo muito baixo, positivo de flanco de carga, um nível de ângulo muito baixo, positivo de flanco de perfuração, e um perfil de contato de flanco para flanco, é possível alcançar um valor de torque muito superior do que usando a geometria da mesma rosca, mas com uma graxa convencional ou produto químico lubrificante, tanto durante as etapas de partida como aperto.

Surpreendentemente, também foi encontrado que, ao usar uma configuração de dope-free com um ângulo muito baixo de flanco, como ensinado aqui, o torque para a conexão aumenta em função da diminuição do valor positivo do ângulo de flanco de perfuração. Esse fato é evidente a partir dos Exemplos 5 e 6, que seguem.

Além disso, enquanto na teoria de que a Equação (1) deve ser válida tanto para descrever os torques de partida e aperto, experimentalmente, foi descoberto que a menos que uma solução fina e seca de lubrificante seja utilizada, o valor de torque de aperto alcançará os valores menores devido às mudanças de pressão dependentes do tempo que são produzidos pela graxa.

Exemplo 5

Na quinta modalidade, os membros caixa e pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco e o ângulo de flanco de carga [β_1 ou a.] de 3° e o ângulo de flanco de perfuração [β_2 ou b.] de 7° , tanto para o membro caixa como

para o membro pino, de modo que define um ângulo positivo de flanco incluído $[\delta\theta]$ de 10° . A junta desta modalidade foi montada com o uso de um produto químico lubrificante (API 5A3). Os dados para os torques de aperto e partida da
5 quinta modalidade podem ser vistos nas Tabelas 5-1 e 5-2, abaixo.

Tabela 5-1

Execução de Aperto	Torque Maximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	2588	0	0	0	0	0	0.883
2	2488	0	0	0	0	0	0.791
3	2586	0	0	0	0	0	0.882

10

Tabela 5-2

Execução de Partida	Torque máximo (ft-lbs.)	Giros finais
1	2259	1.222
2	2248	1.75
3	2328	2.176

Exemplo 6

Em uma sexta modalidade, os membros caixa e pino têm um perfil de rosca de contato de flanco para flanco, um
15 ângulo de flanco de carga $[\beta_1]$ ou a.] de 3° e o ângulo de flanco de perfuração $[\beta_2]$ ou b.] de 7° , tanto para o membro caixa como para o membro pino, de modo que define um ângulo positivo de flanco incluído $[\delta\theta]$ de 10° . A junta desta
20 modalidade foi montada com o uso de um revestimento de solução dope-free com propriedades lubrificantes e anti-corrosão.

Os dados para os torques de aperto e partida da sexta modalidade podem ser vistos nas Tabelas 6-1 e 6-2, abaixo.

Tabela 6-1

Execução de Aperto	Torque Máximo (ft-lbs)	Torque do Flange (ft-lbs)	Torque Delta (ft-lbs)	Giros do Flange (revs)	Giros Delta (revs)	RPM no Flange	Giros Finais
1	7820	0	0	0	0	0	1.013
2	7840	0	0	0	0	0	0.97

5

Tabela 6-2

Execução de partida	Torque Máximo (ft-lbs.)	Giros Finais
1	8420	1.02
2	8200	0.98

O Exemplo 6 mostra que, quando o flanco de perfuração é maior, os valores de torque de aperto e partida, são menores, mantendo a mesmo ângulo de flanco de carga e a condição dope-free.

A FIG. 5 é uma TABELA que mostra a variação do torque com diferentes configurações de ângulos de flanco de perfuração e carga. As primeiras 15 linhas definem os valores de torque para diferentes configurações de rosca, onde as roscas convencionais foram revestidas com produto químico lubrificante API 5A3. As segundas 15 linhas definem os valores de torque para diferentes configurações de rosca, onde as roscas em vez de serem revestidas com um revestimento de dope-free muito semelhante à modalidade dos Exemplos 2, 4 e 6, mas dentro de uma conexão OD de 7" (17,78cm).

A FIG. 6 é um GRÁFICO que mostra a variação dos valores de torque para uma conexão representativa de 7 polegadas com diferentes configurações de ângulos de flanco de carga e perfuração, em função da interferência radial.

5 As três curvas inferiores representam os valores de torque para diferentes configurações de rosca, onde foram usadas as roscas convencionalmente de produtos químicos API 5A3. As três curvas superiores apresentam os valores de torque para diferentes configurações de rosca, onde as roscas em

10 vez de serem revestidas com um revestimento de dope-free de acordo com a modalidade dos Exemplos 2, 4 e 6, mas dentro de uma conexão OD de 7" (17,78cm).

As FIGS. 7 e 8 são, respectivamente, um GRÁFICO e uma

15 TABELA que ilustra o resultado inesperado que o torque máximo está muito dependente de um parâmetro inesperado da geometria da rosca e, em particular o valor de um ângulo baixo, positivo de flanco de perfuração [β_2 ou b.] está entre cerca de $0,5^\circ$ e 45° quando se usa um revestimento

20 dope-free. A FIG. 8 ilustra uma forma tubular representativa de valores de torque que emprega um revestimento de dope-free, as roscas trapezoidais diferentes em que cada uma tem um ângulo constante de flanco de carga [β_1 ou a.] de cerca de 3° .

25

As FIGS. 7 e 8 demonstram também os torques surpreendentemente elevados possivelmente com revestimentos de dope-free, em ângulos muito baixos, positivos de flanco de perfuração [β_2 ou b.] aproximadamente de um valor mínimo

30 positivo de cerca de $0,5^\circ$. Acredita-se que isto é para ser um resultado do fator de atrito muito superior de um revestimento sólido dope-free viscoso. É importante observar que esse efeito será mais notório, na prática,

devido ao problema acima referido de um efeito de pressão de produto químico lubrificante viscoso nestes tipos de geometrias de rosca.

5 A fim de esclarecer o conceito e utilizando a fórmula (1), é possível comparar os valores de torque de ângulo de flanco de carga de 3° e um ângulo de flanco de perfuração que varia de $0,5^\circ$ a 45° . Os valores máximos de torque para uma conexão revestida de produto químico lubrificante serão
10 muito menores do que estão ilustrados pelas FIGS. 7 e 8.

 Com um ângulo de flanco de perfuração que é reduzida abaixo de 15° , o valor de torque aumenta notoriamente, com os valores de torque que rapidamente ultrapassar 2.000
15 lb.ft (907,18kg). Isso também pode ser observado na FIG. 7 que a variação de torque varia de um ângulo de flanco de perfuração entre 15° e 45° (ou superior) não é significativo, por isso não seria útil procurar um valor alto de torque, escolhendo um ângulo de flanco de
20 perfuração superior a 15° .

REIVINDICAÇÕES

1. Uma junta de rosca que compreende um membro caixa com roscas fêmeas e um membro pino com roscas macho configurados para se encaixarem com as roscas do membro caixa, onde o membro caixa e o membro pino têm um perfil de rosca trapezoidal e o passo da rosca adaptado para um contato de encaixe simultâneo entre os flancos de carga (12, 22) e os flancos de perfuração (14, 24), e onde ainda pelo menos uma das roscas da caixa e pino, é revestida com uma camada de um material sólido dope-free, que compreende um lubrificante seco, caracterizado pelo fato de que o membro caixa e o membro pino têm um valor de interferência radial que varia entre 0 mm e 0,5 mm, e em que o ângulo de flanco de carga (β_1) e o ângulo de flanco de perfuração (β_2), medidos a partir de um plano perpendicular ao eixo longitudinal da junta, cada um é de um valor positivo e varia entre cerca de 3° a cerca de 15°.

2. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o ângulo positivo de flanco de carga (β_1) é aproximadamente entre 3° e 10° e o ângulo positivo de flanco de perfuração (β_2) é inferior a 15°.

3. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 2, caracterizada pelo fato de que o ângulo positivo de flanco de carga (β_1) é aproximadamente entre 3° e 5° e o ângulo positivo de flanco de perfuração (β_2) é inferior a 12°.

4. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o ângulo positivo de flanco de carga (β_1) é aproximadamente entre 3° e o ângulo de flanco positivo de perfuração (β_2) é aproximadamente de 5°.

5. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que o ângulo positivo de flanco de carga (β_1) é aproximadamente 3° e o ângulo positivo de flanco de perfuração (β_2) é aproximadamente de 3° ou inferior.

5

6. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que as roscas de pelo menos um do membro caixa e membro pino ainda compreendem chanfros nas intersecções de superfície de flanco de carga (12, 22) e uma superfície de flanco de perfuração (14, 24) com uma superfície de cume (16, 26) e uma superfície de raiz da rosca (18, 28).

10

7. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que pelo menos o membro caixa e o membro pino ainda compreendem sulcos nos cumes ou raízes.

15

8. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o ângulo incluído ($\delta\theta$) entre as superfícies de carga (12, 22) e perfuração (14, 24) de uma rosca, é positivo e é inferior a 20° .

20

9. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que o ângulo incluído ($\delta\theta$) entre as duas superfícies de flanco de uma rosca é positivo e varia entre cerca de 6° e 17° .

25

10. Junta de rosca de acordo com a reivindicação 8, caracterizada pelo fato de que o ângulo incluído ($\delta\theta$) entre as duas superfícies de flanco de uma rosca é positivo e varia entre cerca de 6° e 8° .

30

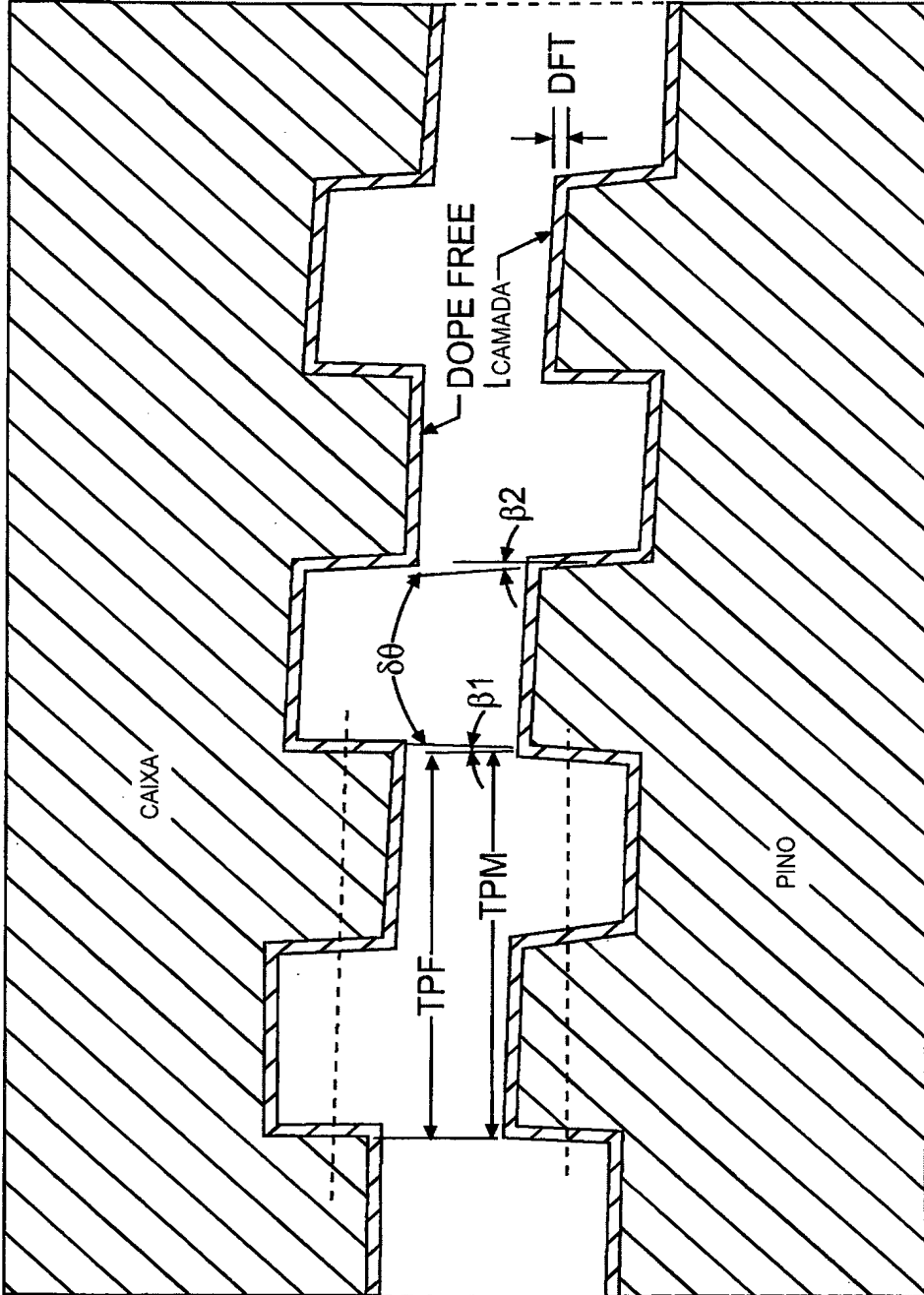


FIG. 1

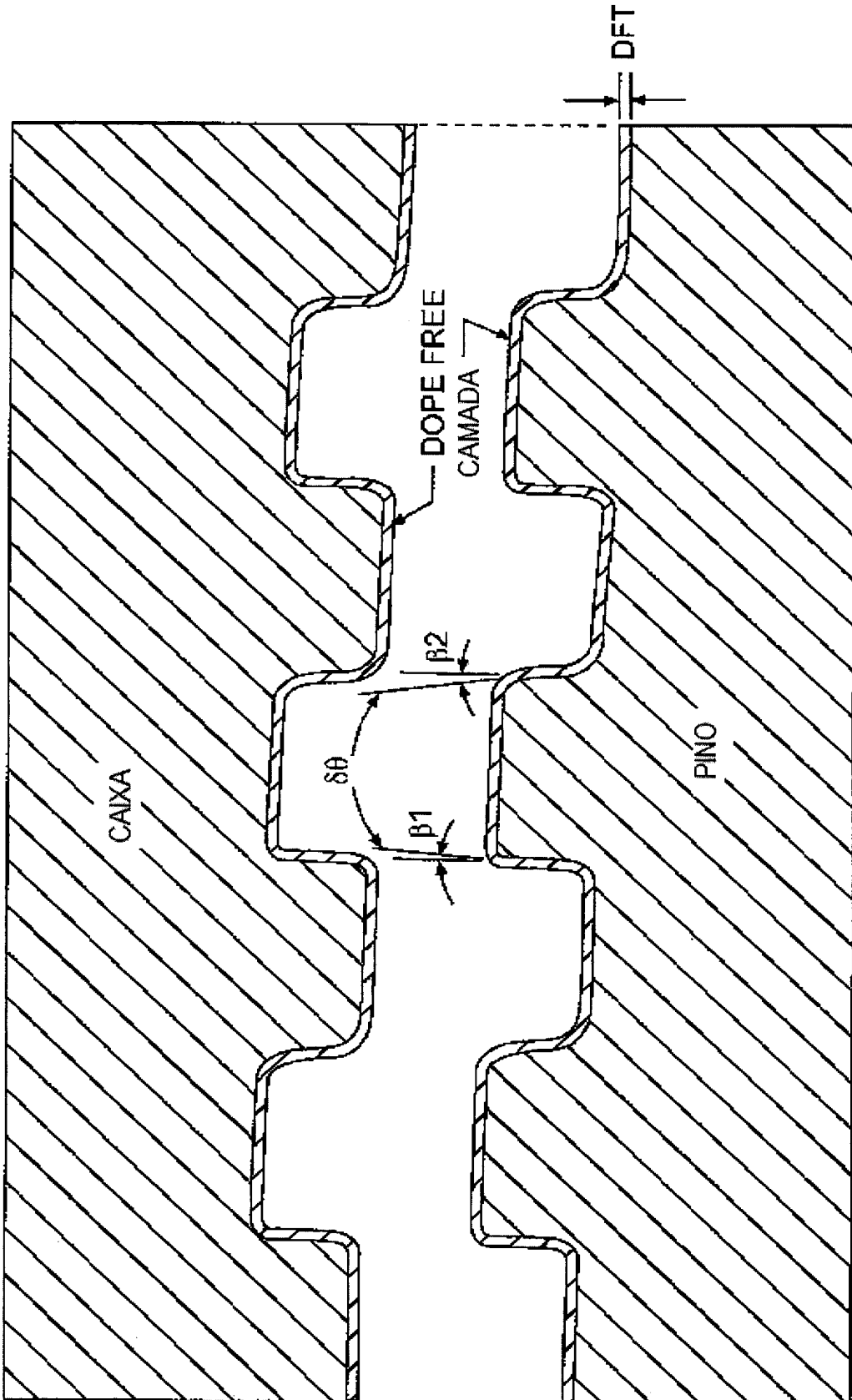


FIG. 2

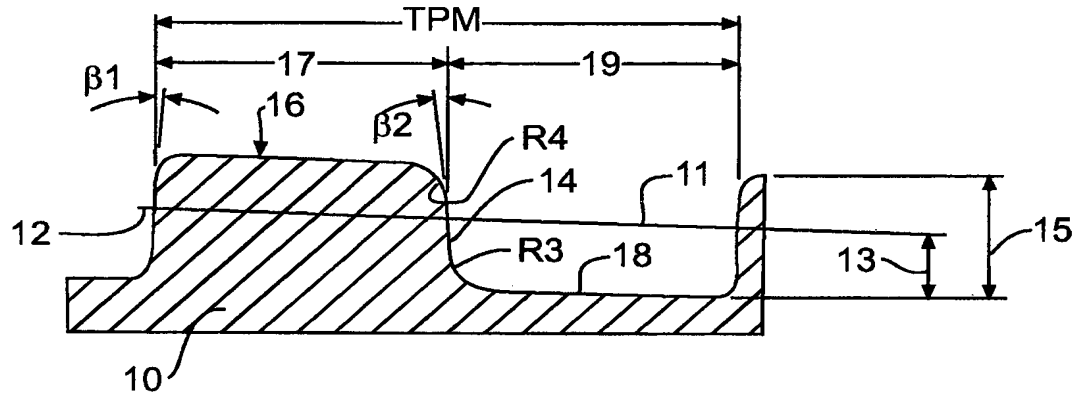


FIG. 3

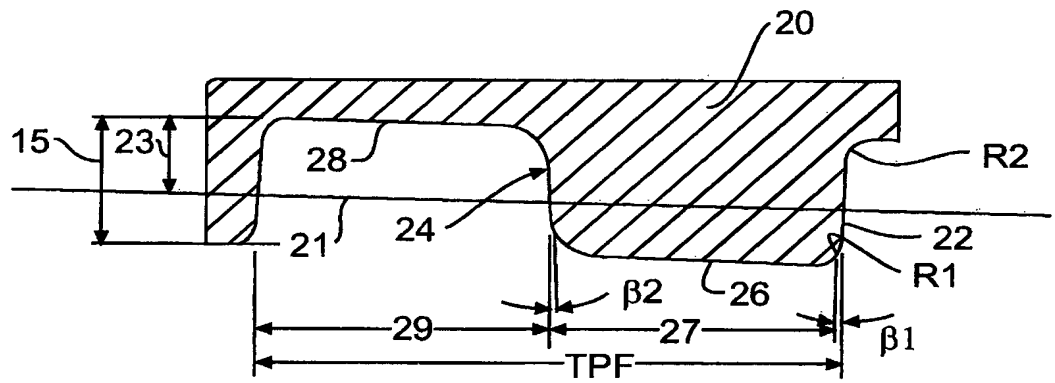


FIG. 4

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE ROSCA	INTERFERÊNCIA RADICAL (mm)	ÂNGULO DE CARGA [$\beta 1, a$]	ÂNGULO DE PERFURAÇÃO [$\beta 2, b$]	TORQUE [lb*ft]
DOPE	0	5	5	0
DOPE	0.1	5	5	790
DOPE	0.2	5	5	1,580
DOPE	0.3	5	5	2,370
DOPE	0.4	5	5	3,161
DOPE	0	3	3	0
DOPE	0.1	3	3	1,258
DOPE	0.2	3	3	2,516
DOPE	0.3	3	3	3,774
DOPE	0.4	3	3	5,031
DOPE	0	5	3	0
DOPE	0.1	5	3	965
DOPE	0.2	5	3	1,931
DOPE	0.3	5	3	2,896
DOPE	0.4	5	3	3,861
DOPE-FREE	0	5	5	0
DOPE-FREE	0.1	5	5	2,370
DOPE-FREE	0.2	5	5	4,741
DOPE-FREE	0.3	5	5	7,111
DOPE-FREE	0.4	5	5	9,482
DOPE-FREE	0	3	3	0
DOPE-FREE	0.1	3	3	3,774
DOPE-FREE	0.2	3	3	7,547
DOPE-FREE	0.3	3	3	11,321
DOPE-FREE	0.4	3	3	15,094
DOPE-FREE	0	5	3	0
DOPE-FREE	0.1	5	3	2,896
DOPE-FREE	0.2	5	3	5,792
DOPE-FREE	0.3	5	3	8,688
DOPE-FREE	0.4	5	3	11,584

FIG. 5

CONEXÃO 7" VÁLVULA DE TORQUE

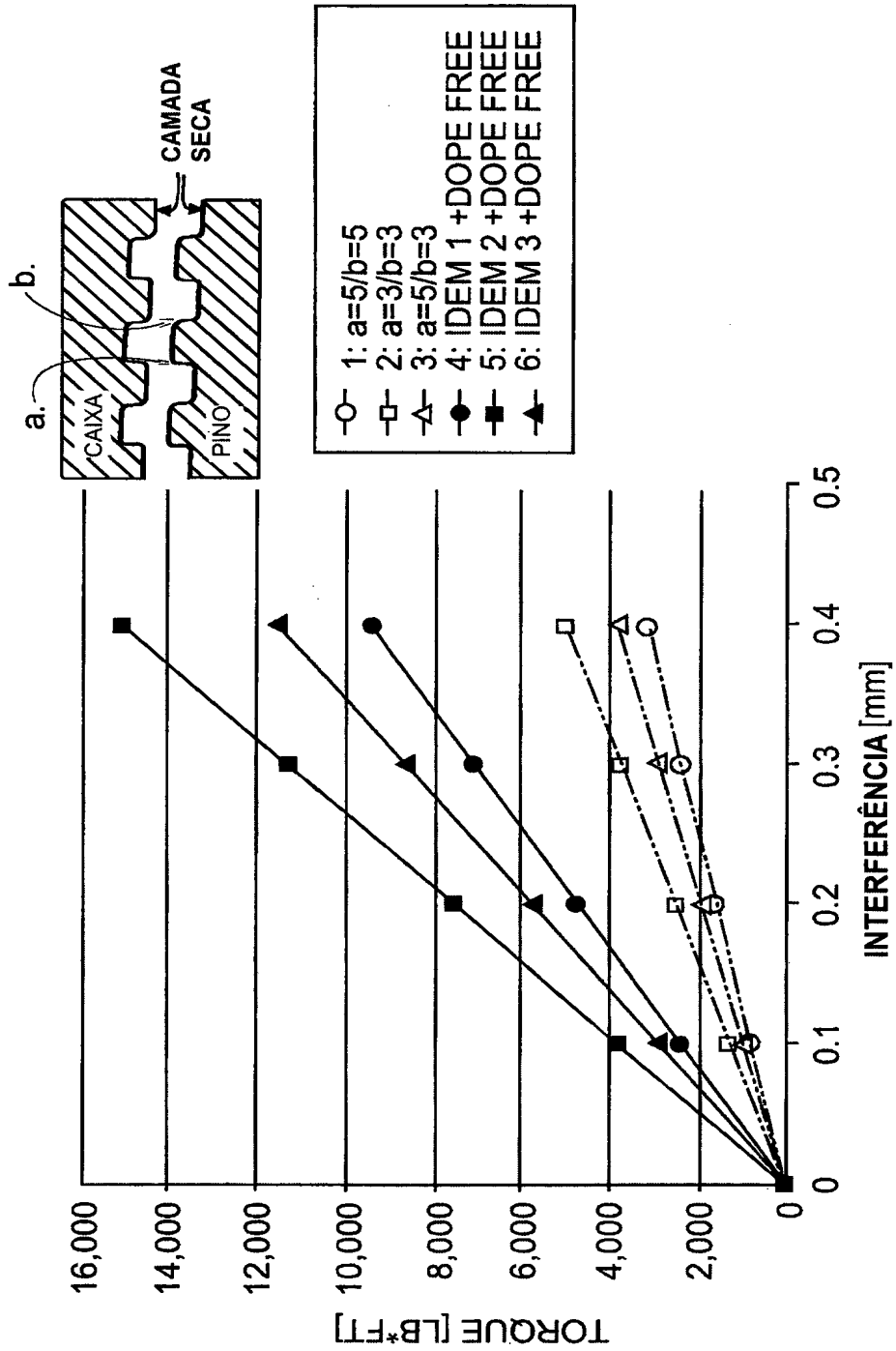


FIG. 6

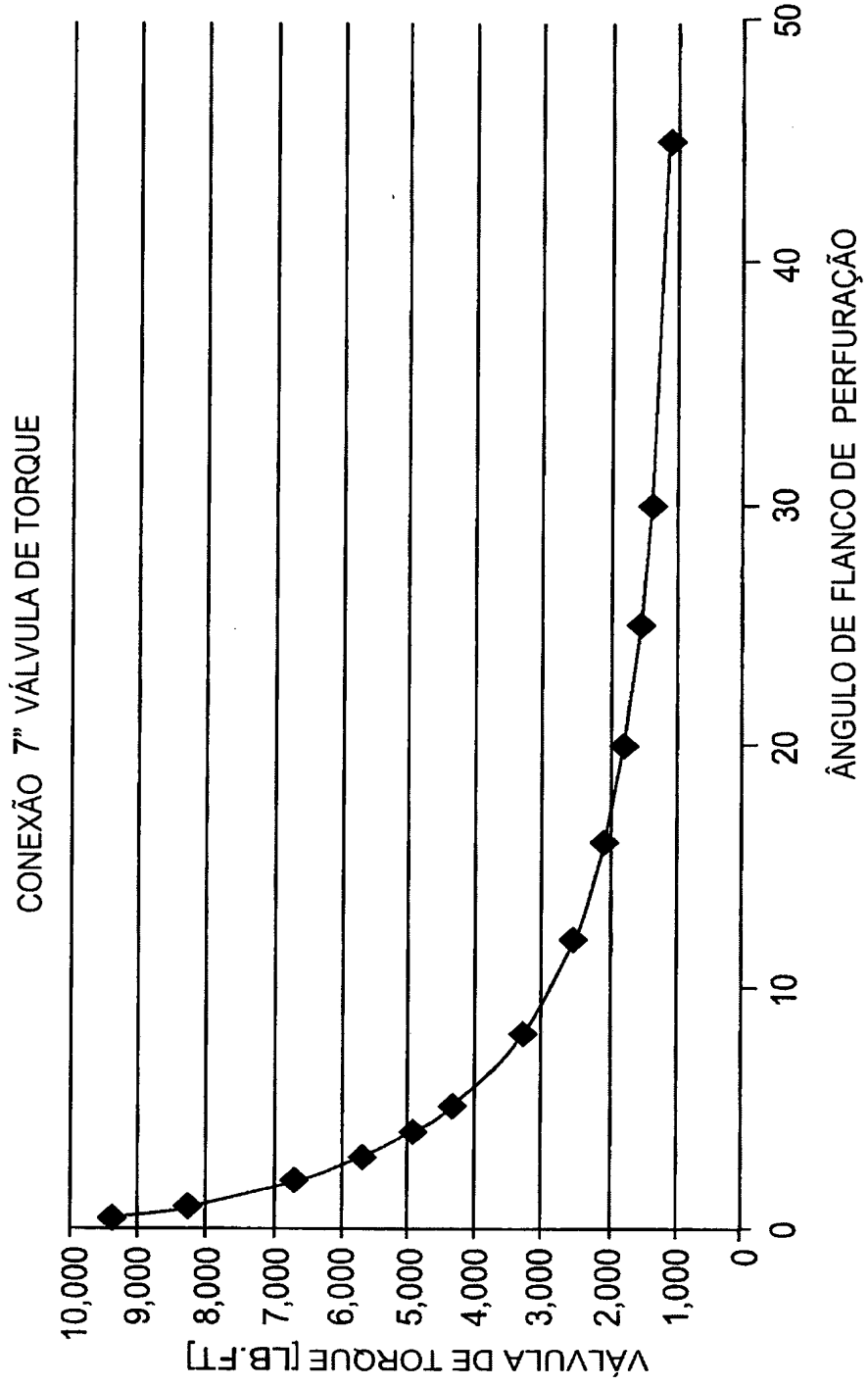


FIG. 7

ÂNGULO DE CARGA [β_1 OR a.]	ÂNGULO DE PERFURAÇÃO [β_2 OR a.]	TORQUE [LB*FT]
3	0.5	9,420
3	1	8,292
3	2	6,713
3	3	5,660
3	4	4,908
3	5	4,344
3	8	3,267
3	12	2,501
3	16	2,058
3	20	1,770
3	25	1,529
3	30	1,364
3	45	1,103

FIG. 8

RESUMO**JUNTA DE ROSCA DOPE-FREE DE TORQUE SUPER ALTO**

Uma junta de rosca de alto torque que compreende um
5 membro caixa com roscas e um membro pino com roscas
configurado e posicionado para se encaixarem com as roscas do
membro caixa. Há um perfil de rosca de contato de flanco para
flanco que utiliza roscas trapezoidais tanto com o ângulo
muito baixo e positivo de flanco de carga, [β_1 ou a.]; como com
10 o ângulo muito baixo e positivo de flanco de penetração, [β_2 ou
b.], onde as roscas são revestidas com um tratamento sólido de
superfície dope-free.