



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

**(11) PI 0807034-2 B1**



**(22) Data do Depósito: 28/02/2008**

**(45) Data de Concessão: 07/05/2019**

**(54) Título:** JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS DE AÇO.

**(51) Int.Cl.:** F16L 15/04; C10M 101/02; C10M 103/02; C10M 159/06; C10M 159/24; (...).

**(30) Prioridade Unionista:** 02/03/2007 JP 2007-052905.

**(73) Titular(es):** VALLOUREC OIL AND GAS FRANCE; NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION.

**(72) Inventor(es):** MASANARI KIMOTO; KUNIO GOTO; MASARU TAKAHASHI; KUNIHIRO FUKUI; SHIGEO NAGASAKU; RYUICHI IMAI; SHIGEO ONISHI; HIROAKI Ikegami.

**(86) Pedido PCT:** PCT JP2008053492 de 28/02/2008

**(87) Publicação PCT:** WO 2008/108263 de 12/09/2008

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 29/07/2009

**(57) Resumo:** JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS DE AÇO Trata-se de uma junta rosqueada para tubos de aço do tipo pinocaixa que possui uma superfície de contato (30) incluindo uma porção rosqueada e uma porção de contato metal-metal não rosqueada que possui um nível mais elevado de resistência ao vazamento, de resistência à descamação, e de resistência à corrosão, particularmente, a corrosão por fissura. Ao menos a superfície de contato do pino ou da caixa é revestida com uma primeira camada de deposição (34) produzida em uma liga de Cu-Zn ou uma liga de Cu-Zn-M1 (onde M1 é um ou mais elementos selecionados dentre Sn, Bi e In). Opcionalmente, um revestimento externo (32) de uma camada de deposição de Ni (32a) ou de uma camada de deposição de Cu (32b), ou de ambas, e um revestimento externo de uma camada de deposição Sn-M2 (36) (onde M2 é selecionado dentre ao menos um dos elementos a seguir: Bi, In, Ni, Zn e Cu) pode ser formado abaixo e acima da primeira camada, respectivamente. Um revestimento lubrificante sólido (38a) e um revestimento lubrificante semissólido ou líquido viscoso (38b) também pode ser formado no topo da camada de deposição como um revestimento lubrificante (38).

**“JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS DE AÇO”.**

## Campo da Técnica

A presente invenção refere-se a uma junta rosqueada para tubos de aço dotada de uma maior resistência à escoriação (*galling*) e à corrosão. Uma  
5 junta rosqueada para tubos de aço consoante a presente invenção é particularmente adequada para uso na conexão de produtos tubulares petrolíferos.

## Técnica Anterior

Os produtos tubulares petrolíferos (OCTG), os quais são direcionados ao solo para a prospecção de poços de petróleo e poços de gás natural, podem  
10 atingir um comprimento total de milhares de metros em alguns casos. Esses produtos tubulares petrolíferos de comprimento longo são constituídos de tubos de aço com uma grandeza de comprimento de dezenas de metros, os quais são conectados em série por acoplamentos tubulares curtos. O material que constitui os tubos de aço e os acoplamentos pode ser aço carbono, aço inoxidável ou aço  
15 de alta liga, dependendo do ambiente de uso.

Esses tubos de aço são conectados pelo engate rosqueado de um pino, que possui uma porção rosqueada macho (externa) sobre sua superfície periférica externa e uma caixa que possui uma rosca fêmea (interna) em sua superfície periférica interna. Tipicamente, um pino é formado nas duas  
20 extremidades de um tubo de aço e uma caixa é formada no interior de um acoplamento curto. Uma porção conectora constituída por este pino e pela caixa é uma junta rosqueada para tubos de aço.

Uma junta rosqueada para tubos de aço que exige um alto grau de capacidade hermética ao gás possui porções de contato metal-metal não  
25 rosqueadas, as quais são formadas na extremidade da rosca macho do pino e na base da rosca fêmea da caixa. Quando uma das extremidades do tubo de aço é introduzida no acoplamento, e a rosca macho do pino e a rosca fêmea da caixa são atarraxadas até que as porções de contato metal-metal não rosqueadas do pino e da caixa estabeleçam contato entre si com um dado valor de interferência,

forma-se uma vedação metal-metal nessas porções para fornecer a junta dotada de maior capacidade hermética ao gás.

Para executar a inspeção periódica e similares, um produto tubular petrolífero é algumas vezes içado e submetido à operação de rompimento em que as roscas da junta rosqueada são afrouxadas e cada um dos tubos de aço é desconectado do acoplamento. Após o término da inspeção ou operação similar de cada tubo, a composição do produto tubular petrolífero é realizada através de um novo atarraxamento das porções rosqueadas dos tubos e acoplamentos, e o produto tubular petrolífero é reutilizado. As superfícies de contato deslizantes das porções rosqueadas e as porções de contato metal-metal não rosqueadas do pino e da caixa são repetidamente submetidas a vigoroso atrito no momento da composição e rompimento de um produto tubular petrolífero. Conseqüentemente, se uma junta rosqueada não possuir durabilidade suficiente, em termos de atrito, falhas de vedação (baixa resistência ao vazamento) e escoriação (emperramento severo não recuperável) ocorrem nas porções rosqueadas e, em particular, nas porções de contato metal-metal não rosqueadas da junta quando a composição e o rompimento são repetidamente conduzidos com o uso da junta.

Assim sendo, exige-se que uma junta rosqueada para produtos tubulares petrolíferos (a) obviamente, seja capaz de resistir á forças de tração na direção axial devido ao peso dos tubos de aço conectados, (b) seja capaz de suportar a pressão dos fluidos internos e externos, e (c) mantenha uma boa resistência ao vazamento e resistência à escoriação sem que ocorram falhas na vedação ou escoriação quando for repetidamente usada em ao menos quatro ocasiões no caso de revestimento (tubos de grande diâmetro) e ao menos em dez ocasiões, no caso de tubulação (tubos de diâmetro menor). Nos anos mais recentes, existe uma tendência de que os poços de petróleo sejam cada vez mais profundos, e a frequência do uso em ambientes hostis, como nas regiões polares está em ascensão, de modo que a qualidade exigida para as juntas rosqueadas para tubos de aço está se tornando mais aguda de forma vertiginosa.

No passado, conforme sugerido no Documento de Patente descrito abaixo e em outros similares, as superfícies de contato do pino e da caixa da junta rosqueada, como as porções rosqueadas da junta, são tratadas por tratamento superficial, como a deposição por cobre ou tratamento por fosfato, e para um  
5 aprimoramento complementar da resistência à escoriação, a interface da junta entre o pino e a caixa é preenchida por uma graxa composta denominado dope, o qual contém metais pesados, como Pb, e que é aplicado a cada vez que a composição é realizada.

Entretanto, nas presentes circunstâncias em que o controle da  
10 poluição ambiental em escala global vem se tornando um problema urgente, o uso do dope que contém Pb está sendo regulado. O dope que não contém metais pesados, como Pb, Zn e Cu (o dito dope é denominado dope verde) foi desenvolvido e vem sendo utilizado. Contudo, o rendimento do dope verde não é elevado, e dependendo do material da junta rosqueada, não consegue evitar a  
15 ocorrência de escoriação.

Outros métodos para aprimorar a resistência ao vazamento e a resistência à escoriação das juntas rosqueadas para tubos de aço que foram sugeridas na técnica anterior incluem (1) um método em que é formada uma camada de deposição contendo um pó de uma fluororesina dispersa no mesmo,  
20 (2) um método em que um filme protetor lubrificante é formado por bombardeamento iônico, e (3) um método em que um revestimento lubrificante sólido é usado em lugar de uma graxa composta, porém nenhum desses atingiu uma resistência ao vazamento e à escoriação suficientes.

O Documento de Patente 2 descrito abaixo sugere uma junta  
25 rosqueada para produtos tubulares petrolíferos produzidos em aço com elevado teor de Cr, contendo um teor de Cr de ao menos 9% de massa, em que uma camada de deposição da liga de Cu-Sn é formada na porção rosqueada fêmea e a porção de contato metal-metal não rosqueada (porção de vedação metal-metal) de um acoplamento que constitui a junta. Entretanto, como consequência das  
30 investigações desta junta rosqueada pelos presentes inventores, descobriu-se que

possuía como inconveniente a fácil ocorrência de corrosão na interface entre o pino e a caixa. Esta corrosão é denominada de corrosão por fissura, e torna-se mais acentuada quando o dope verde é aplicado como lubrificante no momento da composição ou quando um revestimento lubrificante sólido ou outro revestimento lubrificante é formado no topo da camada de deposição. Se esta corrosão ocorrer em uma junta rosqueada, a resistência ao vazamento e a resistência à escoriação da junta decresce em função da ferrugem que desenvolve.

Documento de Patente 1: JP 01-12995 B1

Documento de Patente 2: JP 2003-74763 A1

#### 10 Descrição da Invenção

O objetivo da presente invenção é fornecer uma junta rosqueada para tubos de aço que exibam uma adequada resistência ao vazamento e resistência à escoriação no estado em que o dope verde é aplicado ou em estado não dopado e que possua uma excelente resistência à corrosão, além de impedir a ocorrência de corrosão por fissura, mesmo quando o dope verde ou o revestimento lubrificante estiver presente no topo da camada de deposição.

Os presentes inventores estudaram o mecanismo do fenômeno da escoriação no momento da constituição e do rompimento de uma junta rosqueada para tubos de aço. Acredita-se que o fenômeno da escoriação ocorre pelo calor gerado devido à resistência à deformação dos metais que estão em movimento deslizante entre si quando estão em contato um com o outro, o que resulta em um aumento da temperatura local até o nível em que a temperatura ultrapassa a temperatura de fusão dos metais, permitindo assim que os metais se fundam. Consequentemente, eles concluíram que uma resistência à escoriação satisfatória pode ser obtida com um material dotado de baixa resistência à deformação, isto é, um material dotado de uma dureza elevada e de um ponto de fusão elevado.

Está indicado no Documento de Patente 2 mencionado acima que a camada de deposição com a liga de Cu-Sn sugerida naquele documento resulta no aprimoramento da resistência à escoriação pela interação das propriedades lubrificantes do Sn, que possui uma baixa resistência (uma baixa tensão na fratura

por cisalhamento), e da elevada resistência do Cu. Por outro lado, os presentes inventores descobriram que a escolha de uma adequada composição de liga para o material de uma camada de deposição, de modo a produzir um composto intermediário dotado de elevada dureza e que inclui um elemento com um elevado

5 ponto de fusão como principal constituinte, dificulta a ocorrência da fusão descrita acima e que uma boa resistência à escoriação seja obtida. Por este aspecto, uma camada de deposição da liga a base de Cu é adequada.

Conforme exposto acima, a camada de deposição da liga Sn-Cu sugerida no Documento de Patente 2 possui como inconveniente a tendência de

10 facilitar a ocorrência de corrosão por fissura. Acredita-se que a causa da corrosão por fissura, basicamente, é a formação de uma pilha microgalvânica entre o Cu, que é mais nobre, e o aço que está em contato com ele, que é menos nobre. Para solucionar este problema, descobriu-se que a camada de deposição de uma liga de Cu com um metal menos nobre que o Cu é ótima, em particular uma camada de

15 deposição de uma liga a base de Cu-Zn, que seja tanto uma liga de Cu com Zn, que é um metal menos nobre ainda (ou que possui uma tendência de ionização bem mais acentuada) que o Cu, como uma liga de Cu com Zn e ao menos um elemento selecionado dentre Sn, Bi e In como elementos complementares menos nobres.

20 Ainda no caso da liga Cu-Sn, o Sn é um metal menos nobre que o Cu. Entretanto, quando apenas o Sn é ligado com o Cu, muito embora a causa seja desconhecida, acredita-se que o Sn é passivado de maneira a não inibir mais a formação de uma pilha microgalvânica. Portanto, ocorre a corrosão por fissura, e a resistência à corrosão é reduzida.

25 Desse modo, a presente invenção é uma junta rosqueada para tubos de aço constituída por um pino e uma caixa dotada de uma porção rosqueada e de uma porção de contato metal-metal não rosqueada, caracterizada pelo fato de que as superfícies de contato de ao menos um dentre o pino e a caixa têm uma primeira camada de deposição feita de uma liga de Cu-Zn ou de uma liga de Cu-Zn-M1

30 (onde M1 é ao menos um elemento selecionado dentre Sn, Bi e In).

Acima e abaixo da primeira camada de deposição, uma das camadas dentre a segunda camada de deposição inferior (subjacente) e a terceira camada de deposição superior (sobrejacente) ou ambas podem ser fornecidas. A segunda camada de deposição inferior é ao menos uma camada de deposição selecionada

5 dentre a deposição com Cu ou a deposição com Ni. A terceira camada de deposição superior é uma camada de deposição feita de uma liga de Sn-M2 (onde M2 é ao menos um elemento selecionado dentre Bi, In, Ni, Zn e Cu). Se o material da junta rosqueada for aço carbono, usualmente não ocorre problema com a adesão da primeira camada de deposição. No entanto, se o material for aço

10 inoxidável ou um aço de alta liga, a adesão da primeira camada de deposição, em alguns momentos a adesão é inadequada. Se a adesão diminui, a primeira camada de deposição não pode exibir o efeito desejado. Nesse caso, formando previamente a segunda camada de deposição descrita acima como uma camada de fundo no topo das superfícies de contato, é possível garantir a adesão da

15 primeira camada de deposição. A deposição por Cu ou a deposição por Ni é adequado como esta segunda camada de deposição ou de fundo. A deposição por Cu ou a deposição por Ni podem ser usados. A segunda camada de deposição inferior pode ser uma camada extremamente delgada formada por eletrodeposição de película.

20 A formação da terceira camada de deposição superior no topo da primeira camada de deposição pode aumentar ainda mais a resistência à escoriação de uma junta rosqueada para tubos de aço. Para este propósito, uma camada de deposição lisa dotada de propriedades autolubrificantes é adequada. Por propriedades autolubrificantes, entende-se a lubricidade exibida quando o

25 próprio material é submetido à abrasão. Uma camada de deposição autolubrificante exibe um elevado grau de lubricidade, já que a lubricidade é conferida não apenas pelo deslizamento resultante da abrasão da camada de deposição, mas também pela ação do pó formado pela camada de deposição pela abrasão, o qual possui efeito idêntico na lubricidade, como o pó de Pb, ou

30 elemento semelhante, presente no dope. Uma deposição metálico típico desta

natureza é a deposição por Sn, contudo, o Sn possui o inconveniente denominado peste do estanho, que o torna quebradiço pela transformação da fase  $\beta$  em fase  $\alpha$  em temperaturas extremamente baixas. Portanto, existe uma forte possibilidade de que não exiba efeitos antilubrificantes suficientes em um ambiente de uso hostil em

5 que esteja exposta uma junta rosqueada para tubos de aço.

Os presentes inventores descobriram que se ao menos um dos elementos selecionado dentre Bi, In, Ni, Zn, e Cu for adicionado ao Sn para formar uma camada de deposição de liga de Sn, a camada de deposição pode exibir propriedades autolubrificantes ao mesmo tempo em que elimina o problema da

10 peste do estanho. Formando esta terceira camada de deposição superior, a resistência à escoriação de uma junta rosqueada para tubos de aço pode ser aprimorada adicionalmente.

Usualmente, as camadas de deposição usadas na presente invenção são todas formadas por eletrogalvanização. Em princípio, também é possível

15 empregar outros métodos de deposição, como a deposição por fase de vapor e deposição eletrocatalítica (em particular, em relação à fina segunda camada de deposição). No entanto, visto que o objeto a ser galvanizado é uma junta rosqueada formada sobre uma porção da extremidade de um tubo de aço, é difícil aplicar outros métodos de deposição que não sejam a eletrogalvanização.

Ao menos uma camada de um revestimento lubrificante pode ser

20 formado na superfície da camada de deposição mais superior (a terceira camada de deposição quando a terceira camada de deposição superior é formada ou a primeira camada de deposição quando não é formada) para aumentar a resistência à escoriação de uma junta rosqueada para tubos de aço.

O referido revestimento lubrificante não é sempre necessário em uma

25 junta rosqueada para tubos de aço consoante a presente invenção. Particularmente, este é o caso quando um dope verde é aplicado antes da composição. No entanto, quando o material da junta rosqueada é aço inoxidável ou um aço de alta liga, que imediatamente sofre escoriação, formando um

30 revestimento lubrificante como uma camada de topo, a resistência à escoriação da

junta rosqueada pode ser adicionalmente aprimorada, possibilitando assim efetuar a composição sem a aplicação de um dope verde, levando a um aprimoramento da eficiência operacional durante a montagem de um produto tubular petrolífero.

Este revestimento lubrificante pode ser uma camada selecionada  
5 dentre um revestimento lubrificante líquido viscoso, um revestimento lubrificante semissólido, e um revestimento lubrificante sólido. Um revestimento lubrificante líquido viscoso e um revestimento lubrificante semissólido possuem fluidez, portanto, sob condições de pressão elevada, em que a escoriação ocorre, os componentes lubrificantes contidos no revestimento podem ser fornecidos  
10 eficientemente nos vãos entre as superfícies de contato de uma junta rosqueada por meio de infiltração, exibindo deste modo um efeito especialmente elevado na prevenção à escoriação. O revestimento lubrificante que é usado preferencialmente é aquele que não contém substancialmente pó de metal pesado. Um revestimento lubrificante sólido preferencialmente é um revestimento que  
15 compreende um pó lubrificante adequado em uma matriz ligante orgânica ou inorgânica. O revestimento é parcialmente desgastado sob elevada pressão de superfície no momento da composição ou rompimento, fazendo com que o revestimento seja liberado e produzindo um efeito lubrificante.

O revestimento lubrificante pode ser formado em duas camadas.  
20 Nesse caso, uma combinação de um revestimento lubrificante sólido como a camada inferior e de um revestimento lubrificante líquido viscoso ou de um revestimento lubrificante semissólido como a camada superior é preferível do ponto de vista do aprimoramento da resistência à escoriação.

No caso da camada de deposição da liga Cu-Sn sugerida no  
25 Documento de Patente 2, se essa camada for revestida por dope verde aplicado a ela ou com um revestimento lubrificante, como um revestimento lubrificante sólido formado sobre ela, ocorre o problema da corrosão na interface entre o pino e a caixa pelo fato de a corrosão por fissura ocorrer com bastante facilidade. De acordo com a presente invenção, empregando uma camada de deposição de uma  
30 liga Cu-Sn, essa corrosão pode ser completamente evitada. Conseqüentemente,

formando uma ou mais camadas de um revestimento lubrificante no topo da camada de deposição, a resistência à escoriação de uma junta rosqueada para tubos de aço pode ser adicionalmente aprimorada sem que ocorra a corrosão por fissura.

5 Uma junta rosqueada para tubos de aço de acordo com a presente invenção exibe excelente resistência ao vazamento e à escoriação, mesmo na presença de um dope, e é útil para efetuar a conexão de produtos tubulares petrolíferos em ambientes hostis. Além disso, quando um revestimento lubrificante é formado no topo da camada de deposição ou o dope verde é aplicado com o  
10 objetivo de aprimorar adicionalmente a resistência à escoriação, não promove a diminuição da resistência à escoriação em decorrência da corrosão por fissura. Sendo assim, se necessário, é possível obter um aumento da resistência à escoriação pela utilização de um revestimento lubrificante ou dope verde.

#### Breve Descrição dos Desenhos

15 A Figura 1 mostra esquematicamente um exemplo da estrutura montada de um tubo de aço e de um acoplamento no momento da expedição do tubo de aço.

A Figura 2 mostra esquematicamente as porções conectoras de uma junta rosqueada.

20 A Figura 3 é uma vista explicativa que mostra uma estrutura de revestimento formada sobre as superfícies de contato de uma junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com a presente invenção.

#### Relação das Referências Numéricas ou Símbolos:

25 A: tubo de aço; B: acoplamento; 1: pino; 2: caixa; 3a: porção rosqueada macho; 3b: porção rosqueada fêmea; 4a, 4b: porção de contato metal-metal não rosqueada; 5: porção de ressalto; 30: superfície de aço; 32: segunda camada de deposição inferior; 32a: camada de deposição de Ni; 32b: camada de deposição de Cu; 34: camada de deposição de liga de Cu-Zn (primeira camada de deposição); 36: camada de deposição superior da liga de Sn (terceira camada de

deposição); 38: revestimento lubrificante; 38a: revestimento lubrificante sólido; 38b: revestimento lubrificante líquido viscoso ou semissólido.

#### Melhor Modo de Execução da Invenção

Abaixo, as modalidades da presente invenção serão explicadas em  
5 detalhe. Na explicação adiante, a menos que especificado em contrário, percentual significa percentual de massa.

A Figura 1 ilustra esquematicamente a estrutura montada de uma  
típica junta rosqueada que mostra o estado de um tubo de aço para um produto  
tubular petrolífero e um acoplamento no momento da expedição. Um pino 1 dotado  
10 de uma porção rosqueada macho 3 em sua superfície externa é formado nas duas  
extremidades de um tubo de aço A, e uma caixa 2 dotada de uma porção  
rosqueada fêmea 3b em sua superfície interna é formada nos dois lados de um  
acoplamento B. Um pino significa o elemento da junta rosqueada dotada de uma  
rosca fêmea (interna). Um acoplamento B é previamente conectado a uma  
15 extremidade do tubo de aço A. Muito embora não mostrado nos desenhos, no  
momento da expedição, um protetor para proteger as porções rosqueadas é  
montado em cada pino não conectado do tubo de aço A e da caixa não conectada  
do acoplamento B. O protetor é removido antes do uso da junta rosqueada.

Tipicamente, como mostram os desenhos, um pino é formado na  
20 superfície externa de ambas as extremidades de um tubo de aço, e uma caixa é  
formada na superfície interna de um acoplamento, que é um elemento separado.  
No entanto, em princípio, é possível uma configuração contrária em que a  
superfície interna de ambas as extremidades de um tubo de aço é produzida como  
uma caixa, e a superfície externa de um acoplamento é produzida como um pino.  
25 Existe ainda uma junta rosqueada inteiriça que não usa um acoplamento e em que  
uma extremidade de um tubo de aço é produzida como um pino e a outra  
extremidade é produzida como uma caixa. A presente invenção pode ser aplicada  
a todas essas juntas rosqueadas.

A Figura 2 mostra esquematicamente a estrutura de uma típica junta  
30 rosqueada para tubos de aço (referidas abaixo simplesmente como uma junta

rosqueada). A junta rosqueada é constituída por um pino 1, formado na superfície externa de uma porção da extremidade de um tubo de aço A, e por uma caixa 2, formada na superfície interna de um acoplamento B. O pino 1 possui uma porção rosqueada macho 3a, uma porção de contato metal-metal não rosqueada 4a posicionada na ponta do tubo de aço, e uma porção de ressalto de face oposta 5. De modo correspondente, a caixa 2 possui uma porção rosqueada fêmea 3b e uma porção de contato metal-metal não rosqueada 4b em sua superfície interna.

As porções rosqueadas 3a e 3b e as porções de contato metal-metal não rosqueadas 4a e 4b do pino 1 e da caixa 2 constituem as superfícies de contato da junta rosqueada. É necessário que essas superfícies de contato sejam resistentes à escoriação, herméticas ao ar (resistência de vazamento) e resistentes à corrosão. Para este propósito, o dope denominado graxa composta, o qual contém uma quantidade considerável de pó de metal pesado tem sido convencionalmente aplicado às superfícies de contato antes da composição, porém, o uso de tal dope está sendo agora regulado.

Em uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção, conforme mostra a Figura 3 para a porção de contato metal-metal não rosqueada, iniciando de baixo, são formadas, na superfície de contato do aço 30 ao menos do pino ou da caixa, as segundas camadas de deposição 32 compostas de uma camada de deposição inferior de Ni 32a e uma camada de deposição superior de Cu 32b, uma primeira camada de deposição 34 de uma liga de Cu-Zn ou uma liga de Cu-Zn-M1 (em que M1 é apenas um dos elementos selecionados dentre Sn, Bi, e In), uma terceira camada de deposição 36 de uma liga de Sn-M2 (em que M2 é apenas um dos elementos selecionados dentre Bi, In, Ni, Zn e Cu), e um revestimento lubrificante 38 composto de uma camada inferior na forma de um revestimento lubrificante sólido 38a e uma camada superior na forma de um revestimento lubrificante semissólido ou líquido viscoso 38b.

Na presente invenção, apenas a primeira camada de deposição 34, que é produzida de uma liga de Cu-Zn ou de uma liga de Cu-Zn-M1 (coletivamente citadas abaixo como liga a base de Cu-Zn), é uma camada essencial. Mesmo

apenas com a primeira camada de deposição, é possível permitir que uma junta rosqueada exiba uma suficiente resistência ao vazamento e à escoriação, dependendo do material da junta rosqueada produzida de aço carbono. As camadas de deposição remanescentes, ou seja, a segunda e a terceira, e o revestimento lubrificante podem ser aplicados conforme necessário, de acordo com as condições do material e do ambiente em que são usados. Abaixo, essas camadas, incluindo-se as camadas de deposição opcionais e o revestimento lubrificante, serão descritas na sequência.

[Tubo de aço base]

10 Tubos de aço que são conectados por uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção são, preferencialmente, os produtos tubulares petrolíferos. Uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção possui uma resistência à escoriação extremamente satisfatória. Assim, a escoriação pode ser evitada quando a composição e o rompimento são repetidos, mesmo com uma  
15 junta rosqueada produzida de um aço de alta liga que imediatamente sofre escoriação.

Conseqüentemente, não há restrições quanto ao tipo de aço para o tubo de aço base (o tipo do aço que constitui a junta rosqueada) do ponto de vista da prevenção à escoriação. Assim, o aço pode ser um aço carbono ou um aço de  
20 alta liga. Do ponto de vista de resistência à corrosão, é preferível um aço de alta liga contendo ao menos 3% de Cr. Os exemplos de um aço desta natureza são aqueles com teores de Cr de 5%, 13% ou 25%.

As porções rosqueadas e as porções de contato metal-metal não rosqueadas que constituem as superfícies de contato de uma junta rosqueada são  
25 formadas normalmente por usinagem. As superfícies de contato podem estar no estado tal como usinado, ou um tratamento por jateamento pode ser empregado para que as superfícies se tornem ásperas antes de formar uma camada de deposição de acordo com a presente invenção. Se a superfície estiver nesta condição áspera, o benefício particularmente é obtido, quando um revestimento  
30 lubrificante é formado após a deposição, pelo aumento de retenção do

revestimento lubrificante. No entanto, mesmo que não se execute essa operação de aspereza, devido à perturbação da deposição na eletrogalvanização, a superfície apresentar uma leve aspereza após a eletrogalvanização, uma retenção adequada de um revestimento lubrificante é possível.

5 Quando o revestimento da superfície de acordo com a presente invenção, o qual inclui uma ou mais camadas de deposição e, opcionalmente, um revestimento lubrificante, é realizado nas superfícies de contato de apenas um elemento do pino e da caixa (por exemplo, a caixa), as superfícies de contato do outro elemento (por exemplo, o pino) podem estar no estado conforme usinadas,  
10 ou uma ou mais camadas de revestimento adequadas, que não sejam as da presente invenção, podem ser formadas nas mesmas com a finalidade de conferir lubricidade e/ou resistência à corrosão. Em uma típica junta rosqueada constituída por um pino formado na superfície externa da extremidade de um tubo de aço e uma caixa formada na superfície interna de um acoplamento, é mais simples  
15 executar o revestimento da superfície de acordo com a presente invenção na caixa ou no acoplamento, que é um elemento mais curto.

[Segunda camada de deposição para a camada de fundo]

Para aprimorar a adesão da primeira camada de deposição produzida de uma liga a base de Cu-Zn, se necessário, uma segunda camada de deposição  
20 constituída de uma camada de deposição de Ni ou de uma camada de deposição de Cu, ou de ambas, pode ser formada abaixo da primeira camada de deposição como uma camada de fundo.

A segunda camada de deposição para revestimento do fundo é, preferencialmente, uma fina camada de deposição formada por eletrodeposição  
25 com um curto período de operação (um curto período de eletrólise). A eletrodeposição com Cu ou Ni é amplamente conhecida na área de deposição, e na presente invenção, pode ser realizada de forma idêntica à eletrodeposição convencional. Em geral, um banho de cloro (como o banho de Wood) ou um banho de sulfato (como o banho de Watts) é usado principalmente para a eletrodeposição  
30 de Ni, e um banho de cianeto (banho de deposição de cianeto de cobre) é usado

principalmente para a eletrodeposição de Cu. Todavia, também é possível usar outros banhos de deposição.

5 Antes de realizar a deposição inicial, realiza-se pré-tratamentos usuais como o desengraxamento e a decapagem convencionais da superfície a ser galvanizada.

A espessura da segunda camada de deposição para o revestimento de fundo, preferencialmente, é de 0,2 - 2  $\mu\text{m}$  e mais preferencialmente de 0,5 – 1  $\mu\text{m}$ . Quando ambas as camadas de deposição, de Cu e de Ni, são formadas, a espessura total dessas duas camadas, preferencialmente, não ultrapassa 2  $\mu\text{m}$ .

10 Uma camada de deposição de Ni é particularmente eficiente no aprimoramento da adesão da deposição. Portanto, quando a segunda camada de deposição é constituída por apenas uma camada, ela é, preferencialmente, formada por deposição de Ni. A deposição de Cu possui boa afinidade com a primeira camada de deposição. Sendo assim, quando a segunda camada de  
15 deposição para revestimento do fundo possui duas camadas, é preferível usar a deposição de Ni para a segunda camada 32a e a deposição de Cu para a camada superior 32b.

[Primeira camada de deposição]

20 A primeira camada de deposição produzida de liga a base de Cu-Zn é uma camada essencial na presente invenção para conferir resistência ao vazamento a uma junta rosqueada e, ao mesmo tempo, impedir a ocorrência de corrosão por fissura, mesmo quando as superfícies de contato de uma junta rosqueada estão revestidas com dope verde ou um revestimento lubrificante para o  
25 aprimoramento da resistência à escoriação, impedindo, desta forma, a redução da resistência ao vazamento e à escoriação. Quando a segunda camada de deposição descrita acima não for formada como uma camada de fundo, a primeira camada de deposição é a camada de deposição mais inferior.

Em geral, a espessura da primeira camada de deposição, preferencialmente, é de 1 a 40  $\mu\text{m}$  e mais preferencialmente de 3 a 20  $\mu\text{m}$ .

Quando a primeira camada de deposição é produzida de uma liga de Cu-Zn, o teor de Zn da liga, preferencialmente, está na faixa de 20 a 90% e mais preferencialmente é de 30 a 70%. Se o teor de zinco for muito baixo, a resistência à corrosão da camada de deposição diminui, e a corrosão por fissura não pode mais ser evitada. Se o teor de Zn for muito elevado, a resistência à escoriação e ao vazamento diminui.

Quando a primeira camada de deposição é produzida de uma liga de Cu-Zn-M1 (onde M1 é ao menos um elemento selecionado dentre Sn, Bi e In), uma composição preferencial da liga é Cu: 30 a 60%, Zn: 3 a 30%, e M1 (a quantidade total quando existe mais de um elemento): 20 a 60%. 35 a 55% de Sn é particularmente preferencial como M1.

[Terceira camada de deposição para revestimento externo]

A primeira camada de deposição não contém Sn ou contém um teor relativamente baixo de Sn. Portanto, a resistência à escoriação de uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção pode ser aumentada adicionalmente pela formação de uma camada de deposição para revestimento externa dotada de propriedades autolubrificantes elevadas no topo da primeira camada de deposição. Para este propósito, a terceira camada de deposição como revestimento externo é formada de uma liga de Sn-M2 (onde M2 é um ou mais elementos dentre Bi, In, Ni, Zn, e Cu). Essa terceira camada de deposição pode ser formada no topo da primeira camada de deposição, se necessário.

O Bi é particularmente preferencial como M2. Em geral, a espessura da terceira camada de deposição é de, preferencialmente, 3 a 40  $\mu\text{m}$  e mais preferencialmente de 5 a 25  $\mu\text{m}$ . Quando a terceira camada de deposição é formada, a espessura total da segunda camada de deposição e da terceira camada de deposição é de, preferencialmente, no máximo 40  $\mu\text{m}$ . O teor do elemento ligante M2 na liga Sn-M2 (o total quando não existe dois ou mais elementos ligantes) está, preferencialmente, na faixa de 0,1 a 50% e mais preferencialmente na faixa de 0,1 a 10%. Se o teor do elemento ligante M2 for muito elevado, a

resistência à escoriação e ao vazamento diminui, e se for muito baixo não é mais possível impedir a ocorrência da peste do estanho.

A primeira camada de deposição produzida de uma liga a base de Cu-Zn e a terceira camada de deposição produzida de uma liga de Sn-M2 podem ser ambas formadas por eletro galvanização usando um banho de sulfato conhecido, banho de cianeto, banho de metanossulfonato, banho de gluconato, 5 banho de pirofosfato, banho de citrato, banho de tartarato, banho de sulfosuccinato ou banho de fluoreto de boro. As condições de eletro galvanização, tais como a temperatura do banho, pH, e densidade da corrente, podem ser determinados levando em consideração a facilidade de controle do banho ou a produtividade, 10 desde que uma camada de deposição de uma composição de liga adequada seja obtida. Como é do conhecimento dos indivíduos versados na técnica, um banho de deposição pode conter diversos aditivos, como um agente abrillantador e um agente ajustador de pH como complemento aos compostos que atuam como 15 fontes dos íons metálicos a serem depositados.

Mais especificamente, a deposição da liga de Cu-Zn, a qual pode ser usada para formar a primeira camada de deposição, é mencionada como uma deposição de bronze, e tem sido usada desde os tempos mais remotos com finalidades decorativas ou para aprimorar a adesão à borracha. Os banhos de 20 cianeto alcalino também têm sido usados como soluções de deposição, porém, os banhos não cianetos, tais como os banhos de pirofosfato ácido e os banhos de glucoheptonato, também podem ser usados. Na presente invenção, o banho de cianeto é preferencial.

Quando a primeira camada de deposição é uma liga de Cu-Zn-M1, a 25 deposição pode ser realizado da mesma forma acima, usando um banho de deposição para uma liga de Cu-Zn para a qual um composto de um composto metálico M1 foi adicionado e dissolvido no mesmo. A deposição de Cu-Zn-Sn forma um revestimento de coloração dourada, portanto, desde os tempos mais remotos tem sido usada como um substituto para a deposição por ouro. O tom da 30 coloração do revestimento chapeado é modificado com o teor de Sn (ele vai se

tornando da cor branco prateado na medida em que o teor de Sn aumenta), e muitos banhos de deposição de cianeto com diferentes combinações estão disponíveis no mercado. Eles podem ser usados para formar a primeira camada de deposição nessas circunstâncias.

5 A deposição da liga de Sn-M2 para formar a terceira camada de deposição pode ser realizado da mesma forma que na eletrolgalvanização do estanho usando um banho de deposição que contém um composto de Sn e ao menos um composto de metal ou metais M2 dissolvidos no mesmo. Na presente invenção, um banho particularmente preferencial para este deposição é um banho  
10 de metanossulfato.

[Revestimento lubrificante]

Uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção pode exibir suficiente resistência à escoriação e ao vazamento quando possui apenas a primeira camada de deposição descrita acima produzida em uma liga à base de  
15 Zn-Sn e, opcionalmente, uma segunda camada de deposição inferior e/ou uma terceira camada de deposição superior em suas superfícies de contato, e quando é usada com ou sem dope verde, o qual é aplicado antes da composição, dependendo do material da junta rosqueada. Entretanto, quando o material da junta rosqueada, por exemplo, é um aço de alta liga que imediatamente sofre  
20 escoriação, se necessário, ao menos uma camada de um revestimento lubrificante pode ser formada no topo da camada de deposição para aprimorar adicionalmente a resistência à escoriação.

O revestimento lubrificante pode ser uma ou mais camadas selecionadas dentre um revestimento lubrificante líquido e viscoso, um  
25 revestimento lubrificante semissólido, e um revestimento lubrificante sólido. Os ditos revestimentos lubrificantes são bastante conhecidos. Por exemplo, JP 2001-65751 A1, JP 2002-221288 A1, JP 2002-327875 A1, e JP 2002-348587 A1 descrevem um revestimento lubrificante sólido, que é um revestimento cozido que possui um pó lubrificante disperso na matriz ligante, e JP 2002-173692 A1 e JP  
30 2004-53013 A1 descrevem um revestimento lubrificante semissólido ou líquido

viscoso que é um revestimento contendo diversos componentes lubrificantes em um óleo base. Esses revestimentos lubrificantes podem ser usados na presente invenção.

Uma ou duas camadas de um revestimento lubrificante são normalmente suficientes. Quando há duas camadas, é preferível que a camada inferior seja um revestimento lubrificante sólido e que a camada superior seja um revestimento lubrificante líquido viscoso ou um revestimento lubrificante semissólido, pois esta configuração fornece um maior efeito de resistência à escoriação. Quando há duas camadas de revestimento lubrificante, a camada de revestimento lubrificante superior é, preferencialmente, um revestimento lubrificante líquido viscoso, que possui maior fluidez que um revestimento lubrificante semissólido.

O revestimento lubrificante sólido é, preferencialmente, um revestimento que contém um pó lubrificante, isto é, um revestimento lubrificante em que as partículas de um pó lubrificante são ligadas com o uso de um aglutinante orgânico ou inorgânico adequado.

Exemplos de pós lubrificantes adequados ao uso em um revestimento lubrificante sólido incluem, entre outros, grafite,  $\text{MoS}_2$  (dissulfeto de molibdênio),  $\text{WS}_2$  (dissulfeto de tungstênio), BN (nitreto de boro), PTFE (politetrafluoroetileno),  $\text{CF}_x$  (fluoreto de grafite),  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio), e outros similares. Dentre esses, o grafite, fluoreto de grafite,  $\text{MoS}_2$  e o  $\text{WS}_2$  são mais preferenciais. Essas substâncias possuem uma estrutura cristalina em camadas na qual a resistência à aglutinação no interior dos planos do cristal é forte, porém, a resistência à aglutinação entre planos é fraca, de modo que eles podem prontamente desenvolver uma clivagem interplanar que confere um efeito deslizante, e são adequados para aumentar a resistência à escoriação.

Um componente formador de filme orgânico e/ou inorgânico pode ser usado como um aglutinador para um revestimento lubrificante sólido. Exemplos de componentes formadores de filme orgânicos são as resinas orgânicas dotadas de resistência satisfatória ao calor, tais como as resinas epóxi, resinas poliimida, e

resinas poliamidaimida. Exemplos de componentes formadores de filme inorgânicos são os compostos orgânicos ou inorgânicos que podem formar um revestimento de óxido metal, tais como sílica sol, alcóxissilanos, e alcóxidos de titânio.

5 Um revestimento lubrificante sólido pode ser formado pela mistura de um pó lubrificante com uma solução de um aglutinante formador de filme para preparar uma composição de revestimento e aplicando a composição de revestimento às superfícies de contato de uma junta rosqueada, preferencialmente, seguida de aquecimento para cozer o revestimento. A temperatura de aquecimento  
10 depende do tipo de aglutinante, e no caso de uma resina epóxi, a temperatura preferencialmente é de cerca de 150 a 250°C.

Um revestimento lubrificante sólido preferencial possui uma espessura de revestimento de 5 a 30  $\mu\text{m}$  e contém de 10 a 50% de pó lubrificante no revestimento.

15 Um revestimento lubrificante semissólido ou líquido viscoso, preferencialmente, não contém um teor substancial de pós de metais pesados como Pb, Zn e Cu, os quais podem ser prejudiciais ao ambiente e aos seres humanos. O dito revestimento lubrificante compreende um óleo base (como um óleo mineral, um éster de ácido graxo de teor mais elevado, ou graxa) e uma  
20 quantidade considerável de um ou mais componentes que conferem lubricidade (por exemplo, um sal metálico altamente básico, como um sulfonato, fenato, salicilato, ou carboxilato de cálcio altamente básico, que atua como um agente de pressão extrema, uma cera, e um sabão metálico), e sua natureza tanto é um líquido viscoso ou um semissólido, dependendo da viscosidade do óleo base e do  
25 teor dos componentes sólidos. Este revestimento lubrificante também pode ser formado com o uso de um dope verde comercialmente disponível. A espessura de um revestimento lubrificante semissólido ou líquido viscoso está preferencialmente na faixa de 10 a 200  $\mu\text{m}$ .

Uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção  
30 particularmente, que possui ao menos uma camada de um revestimento

lubrificante formada no topo da(s) camada(s) de deposição, pode ser usada sem a aplicação de dope verde antes das operações de compensação (composição) e, por meio disso, a eficiência das operações de montagem dos produtos tubulares petrolíferos é aprimorada. No entanto, um dope verde pode ser aplicado á dita  
5 junta rosqueada, conforme exigido, antes da composição.

Uma junta rosqueada de acordo com a presente invenção é impedida de sofrer corrosão por fissura, mesmo quando um revestimento lubrificante é formado no topo da camada de deposição mais superior. Portanto, mesmo se a junta rosqueada for armazenada por um longo período de tempo antes do uso, a  
10 corrosão das superfícies de contato da junta rosqueada e a escoriação que ocorrem facilmente em decorrência dessa corrosão podem ser evitadas.

Abaixo, os efeitos da presente invenção serão ilustrados pelos exemplos da presente invenção e dos exemplos comparativos. Entretanto, a presente invenção não se limita a esses exemplos.

15 Exemplos

Um grande número de pinos dotados de uma porção rosqueada macho e de uma porção de contato metal-metal não rosqueada (porção vedante metal-metal) foram formados por usinagem nas duas extremidades de tubos de aço sem costura com 244,50 mm de diâmetro, 13,84 mm de espessura de parede e 1200 mm de comprimento que foram produzidos em um aço-cromo de 13%  
20 (contendo Ni e Mo), que é um aço de alta liga. De forma análoga, um grande número de caixas, às quais um dos pinos poderia ser conectada, e cada um deles contendo uma porção rosqueada fêmea e uma porção de contato metal-metal não rosqueada, foi formado por usinagem em ambas as extremidades da superfície  
25 interna dos acoplamentos produzidos no mesmo aço.

Toda a superfície periférica interna de cada acoplamento que inclui as superfícies de contato da caixa contendo a porção rosqueada e a porção de contato metal-metal não rosqueada foi tratada de modo a formar uma ou mais camadas de deposição e, opcionalmente, uma ou mais camadas de revestimento  
30 lubrificante contendo a estrutura de revestimento mostrada na Tabela 1 (mostrada

em ordem desde a camada mais superior em direção à camada mais profunda). Toda a deposição foi realizada por eletro galvanização após a superfície externa e as superfícies da extremidade do acoplamento foram seladas com um selante adequado, e o acoplamento foi, em seguida, submetido ao desengraxamento e à  
5 decapagem. O pino não foi submetido a tratamento, exceto o jateamento com esferas de vidro, que foi executado para remover as escamas antes do teste.

Um resumo dos diversos tratamentos realizados nas superfícies internas das caixas é descrito a seguir.

[Segunda camada de deposição da camada de fundo]

10

Deposição de Ni: formada com banho de Wood.

Deposição de Cu: formada com banho de cianeto.

[Primeira camada de deposição a base de Cu-Zn]

Cada uma delas formada com banho de cianeto

Deposição da liga de Cu-Zn: aproximadamente 32% de Zn;

15

Deposição da liga de Cu-Zn-Sn: aproximadamente 7% de Zn e aproximadamente 40% de Sn;

Deposição da liga de Cu-Zn-Bi: aproximadamente 30% de Zn e aproximadamente 10% de Bi;

20

Deposição da liga de Cu-Zn-In: aproximadamente 25% de Zn e aproximadamente 15% de In;

[Terceira camada de deposição da camada de fundo de uma liga de Sn]

Cada uma formada com um banho de metanossulfato.

Deposição da liga de Sn-In: aproximadamente 5% de In.

25

Deposição da liga de Sn-Cu-Bi: aproximadamente 10% de Cu e aproximadamente 1% de Bi;

Deposição da liga de Sn-Ni: aproximadamente 8% de Ni;

Deposição da liga de Sn-Bi: aproximadamente 1% de Bi;

Deposição da liga de Sn-Zn: aproximadamente 3% de Zn.

30

(Exemplos Comparativos)

As camadas de deposição usadas nos Exemplos Comparativos foram as mesmas descritas acima, exceto pela camada de deposição descrita abaixo:

Deposição da liga de Cu-Sn: Usou-se um banho neutro. Aproximadamente 36% de Cu e aproximadamente 64% de Sn.

5 [Revestimento lubrificante]

Revestimento lubrificante sólido contendo grafite: formada pela aplicação de uma composição de revestimento contendo 30% de grafite como pó lubrificante disperso em uma resina epóxi seguido de cozimento (temperatura de aquecimento de aproximadamente 200°C).

10 Revestimento lubrificante sólido contendo fluoreto de grafite: formado pela aplicação de uma composição de revestimento contendo 4% de CF<sub>x</sub> (fluoreto de grafite) como pó lubrificante e 10% de cera dispersa em uma resina de polietileno após aquecimento a 150°C.

15 Revestimento lubrificante líquido viscoso: formado pela aplicação de uma composição semelhante à graxa compreendendo óleo mineral como óleo base e cera e sulfonato de cálcio altamente básico como componentes lubrificantes. A espessura era de aproximadamente 100 µm.

[Dope verde]

20 O dope verde usado foi o Bestolife™ 3010 NM SPECIAL fabricado pela Bestolife Corporation. A espessura do revestimento era de aproximadamente 100 µm. O dope verde normalmente é aplicado no campo antes da composição, porém, no teste deste exemplo, ele foi aplicado algumas vezes como revestimento final do tratamento de revestimento para uma junta rosqueada.

25 O uso de uma caixa que tem um tratamento de revestimento mostrado na Tabela 1 e um pino, a compensação (composição) e o (rompimento) foram repetidos com o objetivo de avaliar a resistência à escoriação. O teste de resistência à escoriação foi realizado efetuando a compensação em temperatura ambiente para um torque de 49351,8 N-m (36400 ft-lbs) e em seguida, afrouxando e desconectando o pino, removendo o revestimento lubrificante aderido ao pino  
30 com um solvente e observando a superfície periférica externa do pino para avaliar

o estado de ocorrência da escoriação. Este procedimento foi repetido por 10 ciclos e o número de ciclos até que a escoriação ocorresse (o número de ciclos de compensação e afrouxamento sem que ocorresse escoriação) foi determinado como resultado do teste. Se o número de ciclos for 10, significa que não ocorreu escoriação até o término do décimo ciclo.

Em um teste de corrosão para avaliar a corrosão por fissura, o mesmo tratamento do revestimento para uma caixa, conforme mostrado na Tabela 1, foi executado em uma chapa de aço (com 12 mm de largura, 30 mm de comprimento e 3 mm de espessura) da mesma composição do aço, conforme descrito acima (aço cromo 13%). A chapa de aço revestida foi sobreposta, estando seu revestimento voltado para baixo, a uma chapa de aço (com 20 mm de largura, 30 mm de comprimento e 3 mm de espessura) do mesmo aço que havia sido jateado com esferas de vidro, e as duas chapas de aço foram fixadas uma à outra por meio de uma cavilha na parte central para formar uma peça de teste. Esta peça de teste foi imersa por um mês em solução salina fervente contendo 20% de NaCl, e a profundidade de corrosão máxima na região de sobreposição foi mensurada. A resistência à corrosão foi classificada em termos de profundidade de corrosão máxima da seguinte forma:

	Classe	Profundidade de corrosão máxima
20	A	inferior a 1 $\mu$ m
	B	ao menos 1 $\mu$ m e inferior a 5 $\mu$ m
	C	ao menos 5 $\mu$ m e inferior a 10 $\mu$ m
	D	10 $\mu$ m ou superior.

Nº do Exemplo	Estrutura do revestimento na superfície interna da caixa		Resultado do teste de resistência à escoriação (nº de ciclos de compensação e afrouxamento sem escoriação)	Resultado do teste de corrosão
	Estrutura de revestimento a partir da camada do topo	Espessura (µm)		
Exemplo 1	Dope verde	-	8 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn	16		
Exemplo 2	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 3	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn	8		
	Deposição de Cu	0,5		
	Deposição de Ni	0,5		
Exemplo 4	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-Sn	16		
Exemplo 5	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-Sn	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 6	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-Sn	4		

	Deposição de Cu	0,5		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 7	Dope verde	-	8 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-Bi	40		
Exemplo 8	Dope verde	-	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-In	20		
	Deposição de Ni	0,5		
Exemplo 9	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	30	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn	8		
	Deposição de Ni-	1		
Exemplo 10	Revestimento lubrificante líquido viscoso	-	10 ciclos	A
	Revestimento lubrificante sólido contendo fluoreto de grafite	10		
	Deposição da liga Cu-Zn	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 11	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	30	10 ciclos	A
	Deposição da liga Cu-Zn-Sn	8		

	Deposição de Ni	1		
Exemplo 12	Revestimento lubrificante líquido viscoso	-	10 ciclos	A
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	10		
	Deposição da liga Cu-Zn-Sn	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 13	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	30	8 ciclos	A
	Deposição da liga Sn-In	3		
	Deposição da liga Cu-Zn	16		
Exemplo 14	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	30	10 ciclos	A
	Deposição da liga Sn-Cu-Bi	40		
	Deposição da liga Cu-Zn	3		
	Deposição de Ni	1		
Nº do Exemplo / Exemplo Comparativo	Estrutura do revestimento na superfície interna da caixa		Resultado do teste de resistência à escoriação (nº de ciclos de compensação e	Resultado do teste de corrosão
	Estrutura de revestimento a partir da camada do	Espessura (µm)		

	topo		afrouxamento sem escoriação)	
Exemplo 15	Revestimento lubrificante líquido viscoso	-	10 ciclos	A
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	10		
	Deposição de liga Sn-Ni	16		
	Deposição de liga Cu-Zn-Sn	8		
Exemplo 16	Revestimento lubrificante líquido viscoso	-	10 ciclos	A
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	10		
	Deposição de liga Sn-Bi	20		
	Deposição de liga Cu-Zn-Sn	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo 17	Revestimento lubrificante líquido viscoso	-	10 ciclos	A
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	10		
	Deposição de liga	4		

	Sn-Zn			
	Deposição de liga Cu-Zn-Sn	8		
	Deposição de Cu	0,5		
	Deposição de Ni	0,5		
Exemplo Comparativo 1	Dope verde	-	4 ciclos	C
	Deposição de Cu	10		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo 2	Dope verde	-	4 ciclos	C
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	25		
	Deposição de Cu	10		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo 3	Dope verde	-	2 ciclos	C
	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	25		
	Deposição de Sn	10		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo 4	Dope verde	-	8 ciclos	D
	Deposição de liga Cu-Sn	10		
	Deposição de liga Ni	1		
Exemplo Comparativo 5	Deposição de Cu	8	2 ciclos	C
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo	Revestimento lubrificante sólido	25	3 ciclos	C

6	contendo grafite			
	Deposição de Cu	8		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo 7	Dope verde	-	4 ciclos	B
	Deposição de Sn-Bi	20		
	Deposição de Ni	1		
Exemplo Comparativo 8	Revestimento lubrificante sólido contendo grafite	25	6 ciclos	D
	Deposição de liga Cu-Sn	12		
	Deposição de Ni	1		

Os resultados dos testes acima foram mostrados na Tabela 1.

Como mostra a Tabela 1, apesar das condições de teste serem a de que o aço fosse um aço de alta liga que prontamente sofre escoriação, e de que o tratamento da superfície fosse realizado apenas na caixa, em todos os exemplos de acordo com a presente invenção, foram obtidos resultados satisfatórios quanto à resistência à escoriação quanto à resistência à corrosão. Especificamente, quando uma primeira camada de deposição a base de Cu-Zn fosse formada diretamente sobre a superfície metálica base sem uma camada de deposição inferior, não ocorreu escoriação pelo menos até o oitavo ciclo. Por outro lado, quando uma camada inferior de deposição de Ni ou de deposição de Ni e Cu fosse formada sob a primeira camada de deposição, não ocorreu escoriação até o décimo ciclo, o que conferiu uma elevada resistência à escoriação. Em todos os exemplos, a resistência à corrosão obteve graduação A, isto é, a profundidade de corrosão máxima nas condições de teste foi inferior a 1µm, o que conferiu uma elevada resistência à corrosão.

Em contraste, conforme demonstrado nos exemplos comparativos, com a deposição de Cu, deposição de Sn, deposição de Sn-Bi, a resistência à escoriação diminuiu, mesmo que uma camada de deposição inferior fosse

formada. A SP de Cu-Sn apresentou uma boa resistência à escoriação, porém, a resistência à corrosão foi extremamente baixa.

## REIVINDICAÇÕES

1. Junta rosqueada para tubos de aço constituída por um pino e uma caixa, sendo que cada um deles possui uma superfície de contato incluindo uma porção rosqueada e uma porção de contato metal-metal não rosqueada, **CARACTERIZADA** pelo fato de que ao menos a superfície de contato do pino ou da caixa tem uma primeira camada de deposição de espessura de 1 a 40µm, produzida em uma liga de Cu-Zn-M1 (onde Cu: 30-60%, Zn: 3-30% e M1: 20-60%, onde M1 é um ou mais elementos selecionados dentre Sn, Bi e In).

2. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADA** pelo fato de que ao menos a superfície de contato do pino ou da caixa tem ao menos uma segunda camada de deposição selecionada dentre uma deposição de Ni ou uma deposição de Cu como camada de fundo sob a primeira camada de deposição.

3. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com as reivindicações 1 ou 2, **CARACTERIZADA** pelo fato de que ao menos a superfície de contato do pino ou da caixa tem ao menos uma terceira camada de deposição produzida em uma liga de Sn-M2 (onde M2 é selecionado dentre ao menos um dos elementos a seguir: Bi, In, Ni, Zn e Cu) como uma camada de revestimento externo no topo da primeira camada de deposição.

4. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, **CARACTERIZADA** pelo fato de que ao menos uma camada de um revestimento lubrificante é formada na superfície da camada de deposição mais superior.

5. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com a reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o revestimento lubrificante é uma camada de um revestimento lubrificante selecionado dentre um revestimento lubrificante líquido viscoso, um revestimento lubrificante semissólido ou um revestimento lubrificante sólido.

6. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com a

reivindicação 4, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o revestimento lubrificante é formado de duas camadas de um revestimento lubrificante, o qual consiste de uma camada inferior na forma de um revestimento lubrificante sólido e de uma camada superior na forma de um revestimento lubrificante líquido viscoso ou um revestimento lubrificante semissólido.

7. Junta rosqueada para tubos de aço, de acordo com as reivindicações 5 ou 6, **CARACTERIZADA** pelo fato de que o revestimento lubrificante sólido contém um pó lubrificante.

Fig. 1

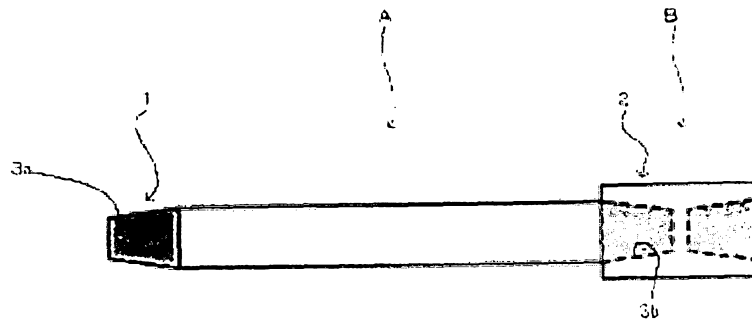


Fig. 2

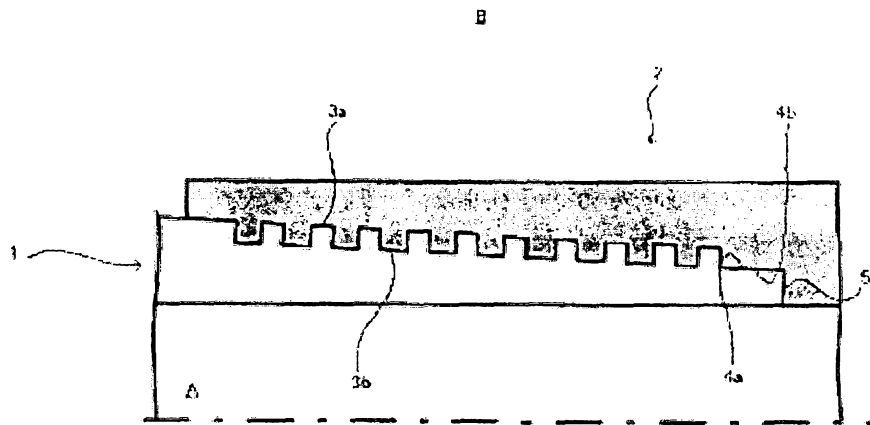
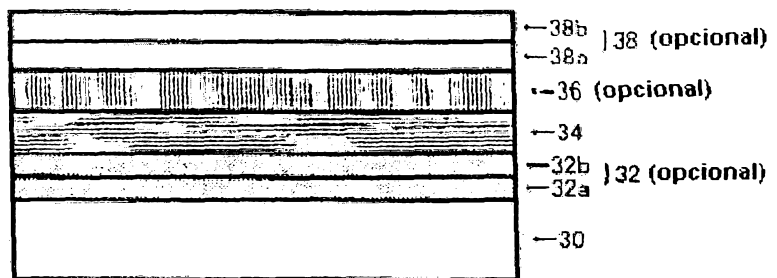


Fig. 3



**RESUMO****“JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS DE AÇO”**

Trata-se de uma junta rosqueada para tubos de aço do tipo pino-caixa que possui uma superfície de contato (30) incluindo uma porção rosqueada e  
5 uma porção de contato metal-metal não rosqueada que possui um nível mais elevado de resistência ao vazamento, de resistência à descamação, e de resistência à corrosão, particularmente, a corrosão por fissura. Ao menos a superfície de contato do pino ou da caixa é revestida com uma primeira camada de deposição (34) produzida em uma liga de Cu-Zn ou uma liga de Cu-Zn-M1 (onde  
10 M1 é um ou mais elementos selecionados dentre Sn, Bi e In). Opcionalmente, um revestimento externo (32) de uma camada de deposição de Ni (32a) ou de uma camada de deposição de Cu (32b), ou de ambas, e um revestimento externo de uma camada de deposição Sn-M2 (36) (onde M2 é selecionado dentre ao menos um dos elementos a seguir: Bi, In, Ni, Zn e Cu) pode ser formado abaixo e acima  
15 da primeira camada, respectivamente. Um revestimento lubrificante sólido (38a) e um revestimento lubrificante semissólido ou líquido viscoso (38b) também pode ser formado no topo da camada de deposição como um revestimento lubrificante (38).