



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

(11) PI 0606637-2 B1



(22) Data do Depósito: 11/01/2006

(45) Data de Concessão: 16/04/2019

(54) Título: JUNTA ROSCADA PARA TUBOS DE AÇO

(51) Int.Cl.: F16L 15/04; C23C 24/04; F16B 33/06.

(30) Prioridade Unionista: 13/01/2005 JP 2005-006338.

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

(72) Inventor(es): RYUICHI IMAI; KUNIO GOTO; KAORU TAKANASHI; YASUHIRO OGAWA.

(86) Pedido PCT: PCT JP2006300661 de 11/01/2006

(87) Publicação PCT: WO 2006/075774 de 20/07/2006

(85) Data do Início da Fase Nacional: 12/07/2007

(57) Resumo: JUNTA ROSCADA PARA TUBOS DE AÇO. A presente invenção refere-se a uma junta roscada para tubos de aço que compreende um pino (1) e uma caixa (2), cada qual tendo uma porção roscada (3a ou 3b) e uma porção de contato de metal com metal não roscada (4a ou 4b) como as superfícies de contato que se contactam entre si quando a junta é fixada. As superfícies de contato (3a e 4a e/ou 3b e 4b) do pelo menos um dentre o pino (1) e a caixa (2) são revestidas com uma camada inferior de um revestimento lubrificante sólido contendo um pó lubrificante sólido (por exemplo, um dissulfeto de molibdênio, um dissulfeto de tungstênio, ou grafite) e um aglutinante (por exemplo, um epóxi ou outra resina orgânica) e uma camada superior de um revestimento protetor de corrosão sólido formado por uma resina orgânica que não contém partículas sólidas.

8

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"JUNTA ROSCADA PARA TUBOS DE AÇO"**.

Campo da Invenção

5 A presente invenção refere-se a uma junta roscada para tubos de aço que pode exibir excelente resistência à esfoladura sem ser revestida com uma graxa composta que é aplicada às juntas roscadas quando conectadas a um tubo OCTG (produto tubular petrolífero). A junta roscada para tubos de aço de acordo com a presente invenção pode evitar os efeitos danosos ao meio ambiente e aos humanos provocados pela graxa composta.

10 Antecedentes da Invenção

Os tubos OCTG, como, por exemplo, a tubulação e o invólucro usados na escavação de poços de gás e petrolíferos são geralmente conectados um ao outro por meio de juntas roscadas. No passado, a profundidade dos poços petrolíferos era geralmente de 2000 a 3000 metros, mas nos poços petrolíferos profundos, como, por exemplo, nos campos petrolíferos em alto mar, a profundidade dos poços petrolíferos atinge de 8000 a 10000 metros. No ambiente de uso, as juntas roscadas para a conexão de tais tubos OCTG estas sujeitas a várias forças, tais como as forças de tração axiais causadas pelo peso do tubo OCTG e das próprias juntas roscadas, pela
15 combinação das pressões interna e externa, e pelo calor geotérmico. Por conseguinte, as juntas roscadas usadas nos tubos OCTG precisam manter um hermetismo ao ar sem se submeter a danos mesmo em tais ambientes.

Uma junta roscada típica usada na conexão de tubos OCTG possui uma estrutura de caixa de pino com uma porção roscada externa formada sobre a porção de extremidade de um tubo de aço (pino) e uma
25 porção roscada interna formada sobre a superfície interna de um acoplamento (caixa), que vem a ser um elemento de conexão separado. Uma porção de contato de metal com metal não roscada é formada na ponta da porção roscada externa do pino e de maneira correspondente é também formada na base da porção roscada interna da caixa. Uma extremidade do tubo
30 de aço é inserida no acoplamento, e a porção roscada externa do pino e a porção roscada interna da caixa são em seguida presas até que as porções

de contato de metal com metal não roscadas destes dois elementos possam se contatar entre si, deste modo formando uma vedação de metal de modo a garantir um hermetismo ao ar.

5 Durante o processo de abaixar a tubulação ou o invólucro em um poço de gás ou em um poço petrolífero, devido a vários problemas, há casos nos quais torna-se necessário se afrouxar uma junta roscada apertada para conectar dois tubos, a fim de levantar os tubos e a junta roscada para fora do poço, reapertar os tubos na junta, e em seguida rebaixar os mesmos. O API (Instituto Americano de Petróleo) requer uma junta cujo hermetismo
10 seja mantido sem a ocorrência de uma grande amarração referida como esfoladura mesmo que a fixação (confeção) e o afrouxamento (separação) sejam repetidos dez vezes em uma junta para tubos ou três vezes em uma junta para invólucro.

No momento da fixação, a fim de aumentar a resistência à esfoladura e ao hermetismo, um lubrificante líquido viscoso contendo pós de metal pesado e referido como "graxa composta" é convencionalmente aplicado às superfícies de contato (ou seja, às porções roscadas e às porções de contato de metal com metal não roscadas) de uma junta roscada. Esta graxa composta é especificada pelo Boletim 5A2 do Instituto API.
15

No passado, foi sugerido formar uma ou mais camadas por meio de um tratamento de superfície, como, por exemplo, uma nitrificação, vários tipos de metalização, incluindo zincagem ou uma metalização dispersa, ou fosfatagem sobre as superfícies de contato de uma junta roscada a fim de aumentar a retenção de uma graxa composta sobre as superfícies de contato e, assim, aumentar as propriedades de deslizamento. No entanto, conforme descrito abaixo, o uso de uma graxa composta impõe o risco de efeitos danosos ao ambiente e aos seres seres-humanos.
20
25

A graxa composta contém grandes quantidades de pós de metal pesado, tais como zinco, chumbo e cobre. Ao se prender uma junta roscada, a graxa que é aplicada é lavada e vaza para a superfície externa, e há a possibilidade de a graxa provocar efeitos danosos ao ambiente e, principalmente, à vida marinha, particularmente em função dos metais pesados, tais
30

como o chumbo. Além disso, o processo de aplicação de uma graxa composta piora o ambiente de trabalho, e há uma preocupação com os efeitos danosos aos seres-humanos.

Nos anos recentes, como um resultado da decretação em 1998 do Tratado de OSPAR (Tratado de Oslo-Paris) sobre a prevenção à poluição dos oceanos na Atlântico Norte, restrições relativas ao meio ambiente estão se tornando mais rígidas, e, em alguns países, o uso da graxa composta já é restrito. Por conseguinte, na escavação de poços de gás e de poços petrolíferos, a fim de evitar efeitos danosos ao ambiente e aos seres-humanos, tem-se tornado uma demanda juntas roscadas que possam exibir resistência à esfoladura sem usar a graxa composta.

Até agora, foram feitas propostas de juntas roscadas que podem ser usadas para conexão de um tubo OCTG em um estado não lubrificado sem a aplicação de uma graxa composta.

Por exemplo, as Patentes JP-A 08-233163, JP-A 08-233164, e JP-A 09-72467 descrevem juntas roscadas tendo, sobre as superfícies de contato de uma junta roscada, um revestimento de fosfato inferior (conversão química) e um revestimento lubrificante sólido superior contendo um lubrificante sólido selecionado dentre um dissulfeto de molibdênio (MoS_2) e um dissulfeto de tungstênio (WS_2) em uma resina. As superfícies de contato podem ser submetidas, antes da formação de um revestimento de fosfato, a um tratamento para aumentar a aspereza de superfície ou a um tratamento de nitrificação.

A Publicação WO 2004/033951 descreve uma junta roscada tendo uma camada inferior de um revestimento protetor de corrosão e uma camada superior de um revestimento lubrificante sólido sobre as superfícies de contato da junta. O revestimento protetor de corrosão contém pó de zinco em uma resina de epóxi, e o revestimento lubrificante sólido contém dissulfeto de molibdênio (MoS_2) ou outro lubrificante sólido em um aglutinante inorgânico.

No entanto, em cada uma das juntas roscadas acima mencionadas desenhadas para uso em um estado não lubrificado na técnica anterior, e o revestimento lubrificante sólido que é a camada mais externa é um re-

vestimento contendo partículas lubrificantes sólidas em uma resina, que, conforme descrito abaixo, causa alguns problemas em seu uso corrente.

Os tubos OCTG são geralmente transportados por meio de navios e armazenados ao ar livre. A fim de impedir a corrosão durante a expedição e o armazenamento antes do uso, um óleo de prevenção à ferrugem (ou outro líquido designado para a prevenção da ferrugem) é geralmente aplicado às superfícies interna e externa do tubo. Além disso, a fim de proteger as superfícies de rosca e as porções de contato de metal com metal não roscadas durante expedição e armazenamento, um protetor é com frequência montado sobre uma junta roscada a fim de proteger cada superfície de contato exposta do pino e da caixa da junta. Quando um tubo de aço para um tubo OCTG é expedido em um estado no qual um acoplamento é conectado a uma extremidade do tubo conforme mostrado na Figura 1, protetores são montados sobre a outra extremidade do tubo e sobre a outra extremidade do acoplamento.

Mesmo que protetores sejam instalados desta maneira, o óleo de prevenção à ferrugem que é aplicado às superfícies interna e externa do tubo de aço antes da expedição penetra no protetor durante o transporte ou armazenagem. Além disso, as superfícies interna e externa do tubo de aço ficam úmidas pela água provida pela condensação da umidade ou pela chuva durante e o transporte e a armazenagem, e esta água também penetra nos protetores. Tanto o óleo preventivo à ferrugem como a água que penetra no lado interno do protetor entra em contato com o revestimento lubrificante sólido formado como a camada mais externa das superfícies de contato da junta roscada. Quando não é feita a instalação de um protetor, este contato ocorre com mais facilidade.

Um revestimento lubrificante sólido é formado por partículas de um lubrificante sólido, como, por exemplo, um dissulfeto de molibdênio ou um dissulfeto de tungstênio disperso em um aglutinante, e, sendo assim, o revestimento é inerentemente poroso.

Portanto, quando um óleo preventivo à ferrugem contata um revestimento lubrificante sólido, o mesmo facilmente permeia para este revesti-

mento que é poroso. Como um resultado, o revestimento lubrificante sólido não pode exibir a sua função de maneira adequada, e existe a possibilidade de a resistência à esfoladura da junta roscada diminuir notavelmente. Conjetura-se que isto se deve a uma diminuição no desempenho lubrificante devido a uma reação química entre o óleo de prevenção à ferrugem e o lubrificante sólido ou ao aglutinante, ou devido a uma pressão extrema que é gerada no óleo preventivo à ferrugem que fica confinado no revestimento lubrificante pela pressão que é gerada no momento de prender a junta roscada, deste modo resultando na quebra da ligação do revestimento lubrificante.

10 De maneira similar, a água condensada e a água da chuva que penetram no protetor e entram em contato com o revestimento lubrificante sólido facilmente permeiam para este revestimento. Como um resultado, existe a possibilidade de as propriedades lubrificantes do revestimento diminuir devido a uma reação da água com o lubrificante sólido ou de a aparência de superfície ser prejudicada particularmente quando o revestimento contém cobre.

Estes problemas causados por um óleo preventivo à ferrugem ou pela água resultam do fato de o revestimento lubrificante sólido poroso mais externo não ser eficazmente protegido. Um revestimento protetor de corrosão formado sob o revestimento lubrificante sólido para a proteção do próprio tubo de aço conforme apresentado na publicação WO 2004/033951 não poderá solucionar estes problemas.

Apresentação da Invenção

25 A presente invenção provê uma junta roscada para tubos de aço tendo excelente resistência à esfoladura e capaz de evitar a piora da aparência de superfície. A junta roscada pode ser usada sem a aplicação de uma graxa composta tendo efeitos danosos ao ambiente global, como, por exemplo, à vida marinha e aos seres-humanos. A junta roscada não exibe uma diminuição marcante da resistência à esfoladura mesmo quando um óleo preventivo à ferrugem é aplicado às superfícies interna e externa de um tubo a fim de impedir a corrosão durante uma expedição e armazenagem, nem uma diminuição marcante na resistência à esfoladura ou uma piora na apa-

rência mesmo que estas superfícies de um tubo fiquem expostas à água condensada ou à água da chuva durante a expedição e armazenagem.

De acordo com a presente invenção, ao formar um revestimento protetor à corrosão sólido não poroso que não contém partículas sólidas acima de um revestimento lubrificante sólido formado sobre as superfícies de contato de uma junta roscada, uma junta roscada para tubos de aço pode ser provida tendo excelente resistência à esfoladura em um estado não lubrificado (sem a aplicação de uma graxa composta) e sem nenhuma diminuição significativa de desempenho durante expedição e armazenagem.

10 Uma junta roscada para tubos de aço de acordo com a presente invenção compreende um pino e uma caixa tendo respectivas superfícies de contato que se contatam uma à outra quando a junta é presa, em que as superfícies de contato de pelo menos um dentre o pino e a caixa são revestidas com um revestimento lubrificante sólido que compreende um pó lubrificante e um aglutinante e com um revestimento sólido protetor de corrosão
15 que não contém partículas sólidas formadas acima do revestimento lubrificante sólido.

No presente relatório descritivo, um pino significa um elemento de uma junta roscada tendo uma porção roscada externa, e uma caixa significa o outro elemento de uma junta roscada tendo uma porção internamente roscada que se casa com a porção roscada externa do pino. Tipicamente, ambas as extremidades de um tubo de aço formam um pino sobre as suas superfícies externas, e ambos os lados de um acoplamento, que é um elemento de conexão separado, formam uma caixa sobre as suas superfícies
20 internas. Em contrapartida, é também teoricamente possível que as superfícies internas de ambas as extremidades de um tubo de aço sejam uma caixa para um acoplamento a ser feito em um pino. Além disso, existem também juntas roscadas integrais que podem ser diretamente conectadas uma à outra sem usar um acoplamento e nas quais uma extremidade de um tubo de
25 aço forma um pino e a outra extremidade forma uma caixa. A presente invenção pode ser aplicada a quaisquer destas juntas roscadas.
30

Em uma junta roscada para tubos de aço de acordo com a pre-

sente invenção, um revestimento protetor de corrosão sólido não poroso é formado como a camada mais externa. Como um resultado, mesmo quando as superfícies interna e externa de um tubo de aço são revestidas com um óleo preventivo à ferrugem ou outro líquido preventivo à ferrugem antes da expedição ou as mesmas são expostas à água condensada ou à água da chuva durante a expedição e armazenagem, o líquido preventivo à ferrugem ou a água é bloqueado pelo revestimento protetor de corrosão sólido mais externo e, deste modo, impedido de permear para o revestimento lubrificante sólido formado sobre a superfície da junta roscada durante expedição e armazenagem, deste modo evitando uma diminuição no desempenho lubrificante e na piora da aparência de superfície.

No momento de fixação da junta roscada, o revestimento protetor de corrosão gradualmente desgasta as porções de contato devido à fricção que ocorre durante a fixação, e o revestimento lubrificante sólido subjacente fica exposto e pode exibir a sua ação lubrificante. Portanto, uma excelente resistência à esfoladura que pode impedir a ocorrência de esfoladura durante a fixação e afrouxamento repetidos pode ser obtida em um estado não lubrificado sem o uso de uma graxa composta. Deste modo, a piora do ambiente de trabalho e a poluição do ambiente, particularmente o ambiente marítimo, que acompanha o uso de uma graxa composta que tem a possibilidade de vazar para fora das cercanias no momento de sua aplicação ou no momento de fixação podem ser impedidas. Além disso, o processo de aplicação de uma graxa composta no campo se torna desnecessário, e, assim, o tempo necessário para a fixação de um tubo OCTG é encurtado.

Em uma junta roscada para tubos de aço de acordo com a presente invenção, a camada superior na forma de um revestimento protetor à corrosão sólido pode consistir totalmente de uma resina orgânica. Tal revestimento protetor à corrosão sólido aumenta as propriedades de prevenção à corrosão.

O aglutinante usado no revestimento lubrificante sólido como a camada inferior pode ser um aglutinante inorgânico (um composto polimérico inorgânico) ou um aglutinante orgânico (uma resina orgânica). Quando o

aglutinante do revestimento lubrificante sólido é uma resina orgânica, o revestimento protetor de corrosão sólido pode ser totalmente ou parcialmente feito da mesma resina orgânica usada para o aglutinante da camada inferior. Isto possibilita o aumento da adesão entre o revestimento lubrificante sólido inferior e o revestimento protetor de corrosão sólido superior, e a resistência à esfoladura de uma junta roscada para tubos de aço pode ser ainda maior.

Em uma modalidade preferida, um revestimento lubrificante sólido e um revestimento protetor de corrosão sólido são formados sobre as superfícies de contato da caixa de uma junta roscada. Uma caixa é geralmente formada sobre um acoplamento curto, e, assim, o processo de formação de um revestimento em uma caixa pode ser feito mais facilmente do que em um pino. Além disso, esta modalidade é mais econômica em comparação à formação de um revestimento lubrificante sólido e um revestimento protetor de corrosão sólido sobre o pino e a caixa.

Quando o revestimento lubrificante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido são formados nas superfícies de contato de apenas um elemento do pino e da caixa, o outro elemento podendo ser tratado de modo a formar uma ou mais camadas de revestimento selecionado dentre um revestimento de zinco ou de uma liga de zinco, um revestimento metalizado, um revestimento de fosfato, um revestimento de oxilato, um revestimento de borato, e um revestimento protetor de corrosão sólido sobre as superfícies de contato dos mesmos. Ao se comunicar propriedades de protetor de corrosão ao outro elemento desta maneira, as propriedades de prevenção à corrosão da junta roscada para tubos de aço podem ser aumentadas. De maneira alternativa, um revestimento lubrificante sólido pode ser formado sobre as superfícies de contato do outro elemento de modo a aumentar ainda mais a resistência à esfoladura da junta roscada.

De maneira similar, quando o revestimento lubrificante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido são formados nas superfícies de contato de apenas um dentre o pino e a caixa, o outro elemento pode ser tratado de modo a formar um revestimento lubrificante sólido ou um revestimento protetor de corrosão sólido sobre as superfícies de contato do mesmo depois de

as superfícies de contato se submeterem a um tratamento de superfície preparatória para a aspereza de superfície selecionada dentre banho de ácido, explosão, revestimento de impacto com zinco ou uma liga de zinco, metalização, nitrificação leve, metalização composta, fosfatagem, tratamento de oxalato, e tratamento de borato. Deste modo, em função do assim chamado efeito de âncora provido pela aspereza de superfície, a adesão do revestimento lubrificante sólido ou o revestimento protetor de corrosão sólido às superfícies de contato pode ser reforçada, e fica difícil que uma descamação do revestimento aconteça durante o transporte ou armazenagem, resultando em uma maior aperfeiçoamento das propriedades de prevenção à corrosão ou as propriedades lubrificantes de uma junta roscada para os tubos de aço.

As superfícies de contato de uma junta roscada sobre a qual o revestimento lubrificante sólido inferior e o revestimento protetor de corrosão sólido não poroso superior são formados de acordo com a presente invenção podem também ser submetidas, antes da formação do revestimento inferior, a um tratamento de superfície preparatório selecionado dentre banho de ácido, explosão, revestimento de impacto com zinco ou liga de zinco, metalização, nitrificação suave, metalização compósita, fosfatagem, tratamento de oxalato, e tratamento de borato, a fim de tornar áspera as superfícies. Ainda, neste caso, devido ao efeito âncora, a adesão do revestimento lubrificante sólido inferior às superfícies de contato pode ser reforçada, e fica difícil que uma descamação do revestimento lubrificante sólido venha a acontecer, levando a um outro aperfeiçoamento da resistência à esfoladura.

A espessura de cada um dentre o revestimento lubrificante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido é de preferência de 5 a 40 μm . Isto é suficiente para imprimir um efeito de prevenção à corrosão adequado, uma excelente resistência à esfoladura, e hermetismo ao ar para uma junta roscada para tubos de aço.

Breve Descrição dos Desenhos

A Figura 1 mostra esquematicamente a estrutura montada de um tubo de aço e de um acoplamento no momento de expedição de um tubo de aço.

A Figura 2 mostra esquematicamente as porções de conexão de uma junta roscada para tubos de aço.

As Figuras 3(a) e 3(b) são vistas explanatórias mostrando dois modos de tornar áspera a superfície de uma superfície de contato.

5 Melhor Modo de se Executar a Invenção

A presente invenção será explicada com relação às modalidades mostradas nos desenhos.

Estrutura montada de uma junta roscada:

10 A Figura 1 esquematicamente ilustra a estrutura montada de uma típica junta roscada, mostrando o estado de um tubo de aço para um tubo OCTG e um acoplamento no momento de expedição. Um tubo de aço A tem em suas ambas extremidades um pino 1 tendo uma porção roscada externa 3a formada em sua superfície externa, e um acoplamento (um elemento de conexão roscado) B possui em seus dois lados uma caixa 2 tendo uma porção roscada interna 3b formada sobre a sua superfície interna. Uma das caixas do acoplamento B é conectada a um dos pinos do tubo A. Embora não
15 mostrado no desenho, um protetor é geralmente montado sobre o outro pino do tubo de aço A e ainda sobre a outra caixa do acoplamento B antes da expedição a fim de proteger as superfícies de contato destes pino e caixa não conectados. Estes protetores são removidos antes do uso da junta roscada.
20

A Figura 2 esquematicamente mostra a estrutura de uma junta roscada representativa para tubos de aço (referidos abaixo simplesmente como uma "junta roscada"). A junta roscada é constituída por um pino 1 formado sobre a superfície externa da extremidade de um tubo de aço A e uma
25 caixa 2 formada sobre a superfície interna de um acoplamento B. O pino 1 possui uma porção roscada externa 3a e uma porção de contato de metal com metal não roscada 4a que é posicionada na extremidade do tubo de aço. Correspondente à mesma, a caixa 2 possui uma porção roscada interna 3b e uma porção de contato de metal com metal não roscada 4b posicionada
30 sobre o lado interno da porção roscada 3b.

As porções roscadas 3a e 3b e as porções de contato de metal com metal não roscadas 4a e 4b do pino 1 e da caixa 2, respectivamente,

são as superfícies de contato da junta roscada. Estas superfícies de contato precisam ter resistência à esfoladura, hermetismo, e prevenção à corrosão. No passado, para este fim, uma graxa composta contendo pós de metal pesado era aplicada, ou um revestimento lubrificante sólido era formado sobre as superfícies de contato. No entanto, conforme dito antes, estas duas técnicas apresentavam problemas em seu uso devido aos efeitos danosos aos seres-humanos e ao ambiente ou devido a uma diminuição no desempenho incluindo na resistência à esfoladura durante expedição e armazenagem.

De acordo com a presente invenção, uma camada inferior na forma de um revestimento lubrificante sólido e uma camada superior na forma de um revestimento protetor de corrosão sólido são formadas sobre as superfícies de contato de pelo menos um dentre o pino 1 e a caixa 2. O revestimento lubrificante sólido pode ser o mesmo que o usado na técnica anterior e contém um ou mais tipos de pó lubrificante em uma resina. O revestimento protetor de corrosão sólido é um revestimento homogêneo não poroso que não contém partículas sólidas e serve como uma barreira para proteger o revestimento lubrificante sólido subjacente.

Conforme descrito acima, no momento de fixação, o revestimento protetor de corrosão superior gradualmente se desgasta devido à fricção para expor o revestimento lubrificante sólido inferior, deste modo permitindo que o revestimento lubrificante sólido exiba a sua ação lubrificante de uma forma suficiente. Sendo assim, apesar da presença do revestimento protetor superior acima do revestimento lubrificante sólido, uma excelente resistência à esfoladura pode ser comunicada a uma junta roscada em um estado não lubrificado sem a aplicação de uma graxa composta. Além disso, devido à função de barreira da camada protetor de corrosão superior, mesmo quando as superfícies interna e externa de um tubo de aço são revestidas com um óleo ou líquido preventivo à ferrugem no momento da expedição ou as mesmas são expostas à água condensada ou à água da chuva durante a expedição e armazenagem, o líquido ou a água não poderão permear para o revestimento lubrificante sólido inferior através do revestimento protetor não poroso superior, e uma diminuição no desempenho durante a expedição e

armazenagem provocada por esta permeação é evitada.

Aspereza das Superfícies de Contato:

As superfícies de contato de pelo menos um dentre o pino e a caixa sobre os quais uma camada inferior de um revestimento lubrificante sólido e uma camada superior de um revestimento protetor de corrosão sólido são formados de acordo com a presente invenção são de preferência submetidas a um tratamento de superfície preparatório para aspereza de superfície de modo a aspereza de superfície R_{max} seja maior que a aspereza de superfície obtida por trituração de máquina (de 3 a 5 μm) a fim de garantir que o revestimento lubrificante sólido formado sobre a mesma tenha uma boa adesão. No entanto, o objeto da presente invenção pode ser obtido mesmo quando o revestimento lubrificante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido são formados sem o tratamento de superfície preparatório para aspereza das superfícies de contato.

A Figura 3 mostra dois modos de aspereza das superfícies de contato.

Em um primeiro modo de aspereza de superfície mostrado na Figura 3(a), a superfície de um aço 30a em si é tornada áspera por meio do tratamento de superfície preparatório, e um revestimento lubrificante sólido 31a e um revestimento protetor de corrosão sólido 32a são formados em seqüência diretamente acima da mesma. Este modo de aspereza de superfície pode ser feito por meio de explosão, na qual um material explosivo tal como uma bala tendo um formato esférico ou grade tendo um formato angular é projetada contra a superfície, ou por meio de um banho ácido no qual a superfície é imersa em um ácido forte, tal como ácido sulfúrico, ácido clorídrico, ácido nítrico, ou ácido fluorídrico.

Em um segundo modo de aspereza de superfície mostrado na Figura 3(b), uma camada primária sob revestimento 33 tendo uma superfície áspera é formada por meio de um tratamento de superfície preparatório acima da superfície de um aço 30b, e um revestimento lubrificante sólido 31b e um revestimento protetor de corrosão sólido 32b são formados em seqüência acima da camada primária. Deste modo, a camada primária 33 é dispo-

ta entre a superfície de contato do aço 30b e o revestimento lubrificante sólido 31b. Exemplos de tratamento de superfície preparatório para formar uma camada primária são o tratamento de conversão química, tal como o tratamento de fosfato (fosfatagem), o tratamento de oxalato, e o tratamento de borato (a aspereza de superfície aumenta com o crescimento dos cristais que são formados pelo tratamento de conversão química), a metalização, tal como o cobreamento ou o revestimento de ferro (as saliências são de preferência chapeadas, de modo que a superfície fique ligeiramente mais áspera), o chapeamento de impacto com zinco ou liga de zinco que forma um revestimento de zinco poroso ou de liga de zinco, uma nitrificação suave que forma uma camada de nitrito (tal como a nitrificação por tufo), e uma metalização compósita que forma um revestimento poroso contendo partículas sólidas finas dispersas em uma matriz de metal.

Em ambos o primeiro e o segundo modos de aspereza das superfícies de contato, a aspereza de superfície R_{max} obtida pelo tratamento de superfície preparatório é de preferência da faixa de 5 a 40 μm . Quando a aspereza R_{max} é menor que 5 μm , a adesão do revestimento lubrificante sólido à superfície e a capacidade de a superfície prender um revestimento pode se tornar inadequada. Quando a aspereza R_{max} excede 40 μm , a fricção da superfície aumenta, e o revestimento lubrificante sólido pode não suportar as forças de cisalhamento e as forças de compressão que o revestimento recebe quando uma alta pressão é aplicada à superfície durante uma fixação, deste modo provocando facilmente a ruptura ou a descamação do revestimento lubrificante sólido. Dois ou mais tipos de tratamento de superfície preparatório podem ser realizados para a aspereza de superfície.

Do ponto de vista da adesão de um revestimento lubrificante sólido, um revestimento poroso, e particularmente um revestimento formado por fosfatagem (por exemplo, um tratamento com fosfato de manganês, fosfato de zinco, fosfato de ferro e manganês, ou fosfato de zinco e cálcio) ou um revestimento de zinco ou de liga de zinco formado por chapeamento de impacto é preferido. O mais preferido do ponto de vista da adesão é um revestimento de fosfato de manganês. Do ponto de vista da prevenção à cor-

rosão, um revestimento poroso de zinco ou de liga de zinco e ferro é o mais preferido, uma vez que o zinco pode prover uma capacidade de prevenção à corrosão sacrificial.

5 Tanto um revestimento formado por fosfatagem como um revestimento de zinco ou liga de zinco formado por chapeamento de impacto são porosos. Sendo assim, um revestimento lubrificante sólido formado acima terá uma maior adesão pelo assim chamado "efeito de âncora". Como um resultado, é difícil que ocorra uma descamação do revestimento lubrificante sólido mesmo quando uma fixação e um afrouxamento são repetidos, e o
10 contato direto entre as superfícies de metal é eficazmente impedido, deste modo contribuindo para o aperfeiçoamento da resistência à esfoladura, do hermetismo, e da prevenção à corrosão.

A fosfatagem pode ser feita por meio de imersão ou de borrifação de uma maneira convencional usando uma solução de fosfatagem ácida que é comumente utilizada para um material de aço com zincagem. À
15 guisa de exemplo, uma solução de fosfatagem do tipo fosfato de zinco contendo de 1 a 150 g/L de íons de fosfato, de 3 a 70 g/L de íons de zinco, de 1 a 100 g/L de íons de nitrato, e de 0 a 30 g/L de íons de níquel pode ser usada. Um outro exemplo que pode ser usado é uma solução de fosfatagem do
20 tipo fosfato de manganês convencionalmente utilizada para juntas roscadas. A temperatura da solução durante o tratamento pode ser da temperatura ambiente a 100° C. A duração do tratamento pode ser definido dependendo da espessura de revestimento desejada, e é normalmente de até 15 minutos. A fim de promover a formação de um revestimento de fosfato, a superfície a ser tratada pode ser pré-tratada com uma solução aquosa contendo
25 titânio coloidal para a modificação de superfície antes da fosfatagem. Após a fosfatagem, é preferido fazer um enxágüe com água ou água quente seguido de secagem.

O chapeamento de impacto pode de modo geral ser feito ao impactar partículas para chapeamento contra um material a ser chapeado, e
30 inclui o chapeamento mecânico no qual as partículas de chapeamento e o material a ser chapeado impingem em um barril rotativo e o chapeamento

por explosão no qual um dispositivo de explosão é usado para soprar as partículas de chapeamento contra o material a ser chapeado. Na presente invenção, uma vez que apenas as superfícies de contato são chapeadas, é preferível se usar um chapeamento por explosão por meio do qual um chapeamento localizado seja possível.

O chapeamento por explosão pode ser feito usando, por exemplo, as partículas de chapeamento tendo um núcleo à base de ferro revestimento com uma camada de superfície de zinco ou liga de zinco como partículas de explosão que são impactadas contra as superfícies de contato de um pino e/ou caixa a serem chapeados. A quantidade da camada de superfície de zinco ou de uma liga de zinco nas partículas é de preferência da faixa de 20 a 60 por cento em peso, e o diâmetro das partículas é de preferência da faixa de 0,2 a 1,5 mm. Estas partículas podem ser preparadas por um método no qual um pó de ferro ou de liga de ferro que forma o núcleo é chapeado com zinco ou liga de zinco (tal como uma liga de Zn-Fe-Al) e em seguida tratado a quente de modo a formar uma camada de liga de ferro e zinco na interface entre o núcleo e o chapeamento, ou por meio de um método de liga mecânica. Um exemplo de um produto comercialmente disponível de tais partículas é o "Z Iron" fabricado pela Dowa Iron Powder Co., Ltd. Exemplos de um dispositivo de explosão que pode ser usado incluem um dispositivo de explosão de fluido de alta pressão que sopra partículas usando um fluido de alta pressão, tal como ar comprimido, e um dispositivo de explosão mecânica que utiliza um impulsor ou outras hélices rotativas.

Quando as partículas acima descritas são explodidas contra um substrato a ser chapeado, tal como uma superfície de contato de uma junta roscada, apenas as camadas de superfície de zinco ou de liga de zinco das partículas se aderem ao substrato individualmente de modo que um revestimento poroso de zinco ou de liga de zinco seja formado sobre o substrato. Esta técnica de chapeamento por explosão pode formar um revestimento chapeado tendo uma boa adesão à superfície de aço independente da composição do aço.

Dos pontos de vista da prevenção à corrosão e da adesão, a

espessura da camada de zinco ou de liga de zinco formada por meio de um chapeamento de impacto é de preferência de 5 a 40 μm . Quando a mesma é menor que 5 μm , uma resistência à corrosão adequada não é garantida em alguns casos. Por outro lado, quando a mesma excede 40 μm , a adesão ao revestimento lubrificante sólido tende a diminuir.

Mesmo quando um outro método é usado para um tratamento de superfície preparatório, o tratamento de superfície é feito de modo a formar um revestimento primário tendo uma aspereza de superfície R_{max} da faixa de 5 a 40 μm .

10 Revestimento Lubrificante Sólido:

Um revestimento lubrificante sólido na presente invenção é um revestimento que compreende um ou mais tipos de pó lubrificante sólido e um aglutinante como matriz. Ou seja, o mesmo é um revestimento heterogêneo contendo um pó lubrificante sólido ligado com um aglutinante.

15 O pó lubrificante sólido é um pó que exibe um efeito lubrificante e pode ser feito de materiais que convencionalmente são usados como lubrificantes sólidos. Um material que não possui um efeito adverso sobre o ambiente é preferido como o pó lubrificante.

Exemplos de pós lubrificantes preferidos incluem os pós inorgânicos de um material tendo uma estrutura de cristal em camada do tipo grafite, tal como um dissulfeto de molibdênio (MoS_2), um dissulfeto de tungstênio (WS_2), grafite, e nitrito de boro (BN), assim como um pó de politetrafluoretileno. O diâmetro de partícula médio do pó lubrificante é de preferência da faixa de 0,5 a 15 μm .

25 A quantidade de pó lubrificante sólido no revestimento lubrificante sólido (a quantidade total quando ao usar dois ou mais tipos de pó) é de preferência selecionada de tal modo que a razão de massa do pó lubrificante sólido para o aglutinante no revestimento seja da faixa de 0,3 a 0,9. Quando a quantidade do pó lubrificante é pequena demais, a resistência à esfoladura diminui, e se for grande demais, a adesão e a resistência de revestimento do revestimento lubrificante sólido diminuem. Na presente invenção, uma vez que o revestimento lubrificante sólido é sobreposto com um revestimento

protetor de corrosão sólido, em comparação ao caso no qual o revestimento lubrificante sólido é a camada mais externa, o conteúdo de pó lubrificante em um revestimento lubrificante sólido pode ser maior.

O revestimento lubrificante sólido pode conter um ou mais tipos de pós adicionais diferentes de um pó lubrificante sólido. Exemplos de tais pós são o zinco, o cobre, o níquel, o estanho, ou outros pós de metal e sílica ou outros pós inorgânicos, cada qual para uma maior resistência à corrosão. Quando outros pós são contidos, a razão de massa da quantidade total dos outros pós e o pó lubrificante para a quantidade de aglutinante é de preferência no máximo de 0,9.

O aglutinante do revestimento lubrificante sólido é um material que tem a capacidade de formar um filme. O mesmo pode ser uma resina orgânica ou um composto polimérico inorgânico. Como o aglutinante, o mesmo tipo de material que o usado para o material que constitui o revestimento protetor de corrosão sólido superior pode ser usado, conforme descrito abaixo de uma forma mais detalhada.

A espessura do revestimento lubrificante sólido é de preferência de pelo menos 5 μm . O pó lubrificante contido no revestimento lubrificante sólido se espalha por toda as superfícies de contato de uma junta roscada quando a mesma recebe uma alta pressão de modo a poder exibir uma excelente resistência à esfoladura. Quando a espessura do revestimento lubrificante sólido é menor que 5 μm , a quantidade absoluta de pó lubrificante presente nas superfícies de contato fica pequena demais para exercer o seu efeito lubrificante de maneira adequada. Quando a espessura do revestimento lubrificante sólido excede 40 μm , a quantidade de aperto obtida por meio da interferência entre as roscas macho e fêmea se torna inadequada, levando a uma diminuição do hermetismo ao ar. Quando a pressão aplicada durante a fixação é maior a fim de garantir hermetismo, ocorre uma preocupação de problemas tais como esfoladura e descamação do revestimento venha a ocorrer com mais facilidade. No entanto, dependendo do formato geométrico das roscas, é possível se fazer a espessura do revestimento lubrificante sólido maior que 40 μm . Do ponto de vista da economia e da resis-

tência à esfoladura, uma espessura mais preferida do revestimento lubrificante sólido é de pelo menos 10 μm e no máximo de 40 μm .

Materiais para o aglutinante do revestimento lubrificante sólido e do revestimento protetor de corrosão sólido:

5 Um material formador de filme é usado tanto para o aglutinante do revestimento lubrificante sólido como para o revestimento protetor de corrosão sólido. Em cada um desses, pode ser usada uma resina orgânica ou um composto polimérico inorgânico.

10 Uma resina orgânica preferida é uma tendo resistência ao calor, uma dureza adequada, e uma resistência ao desgaste adequada. Exemplos de tal resina orgânica incluem as resinas consolidadas a quente, tais como as resinas de epóxi, as resinas de poliimida, as resinas de poliamida-imida, as resinas de policarbodiimida, as polissulfonas de éter, as poliacetonas de éter-éter, as resinas fenólicas, e as resinas de furano, assim como também
15 as resinas polietileno, as resinas de silicone, e as resinas de flúor.

Um revestimento lubrificante sólido ou um revestimento protetor de corrosão sólido pode ser feito por meio da aplicação de uma composição de revestimento de resina (uma solução ou uma dispersão de uma resina ou uma resina em forma líquida) seguido de secagem. No caso do revestimento
20 lubrificante sólido, antes da aplicação, um pó lubrificante é adicionado à composição de revestimento de resina e uniformemente dispersado na mesma.

A fim de aumentar a adesão do revestimento lubrificante sólido ou do revestimento protetor de corrosão sólido, a aplicação de uma composição de revestimento de resina é de preferência seguida de uma consolidação
25 a quente. A consolidação a quente é de preferência feita a uma temperatura de pelo menos 120° C e mais preferivelmente de 150 a 380° C. A duração do aquecimento é de preferência de pelo menos 30 minutos e mais preferivelmente de 30 a 60 minutos. A consolidação a quente pode ser feita
30 após a formação do revestimento lubrificante sólido e novamente após a formação do revestimento protetor de corrosão sólido, ou pode ser feita somente depois do revestimento protetor de corrosão sólido.

Um composto polimérico inorgânico é um composto tendo uma estrutura na qual ligações de metal e oxigênio, tais como Ti-O, Si-O, Zr-O, Mn-O, Ce-O, ou Ba-O são reticulados tridimensionalmente. Tal composto polimérico inorgânico pode ser formado por meio de hidrólise e de uma condensação de um composto de metal hidrolisável, tal como um alcóxido de metal ou um cloreto de metal. Um composto de metal hidrolisável contendo um grupo funcional, como, por exemplo, um grupo de amina ou epóxi conforme exemplificado por um agente de acoplamento de silano ou um agente de acoplamento de titanato pode ser usada para formar o composto polimérico inorgânico.

Quando um composto polimérico inorgânico é usado, um revestimento lubrificante sólido ou um revestimento protetor de corrosão sólido pode ser formado por meio da aplicação de uma solução do composto de metal hidrolisável ou de um hidrolisado parcial do mesmo em um solvente, seguido, se necessário, de um tratamento de umedecimento e/ou aquecimento. Naturalmente, no caso do revestimento lubrificante sólido, um pó lubrificante é dispersado na solução antes da aplicação do mesmo.

O tratamento de umedecimento pode ser feito a fim de promover a hidrólise do composto de metal hidrolisável. O mesmo pode ser realizado ao se deixar o revestimento aplicado descansar no ar, de preferência em um ar umedecido tendo uma umidade relativa de pelo menos 70 %, por um certo período. Preferivelmente, o tratamento de umedecimento é seguido de um aquecimento a fim de acelerar a hidrólise do composto de metal e a condensação do hidrolisado resultante e a descarga dos subprodutos formados pela hidrólise (um álcool quando o composto de metal é um alcóxido de metal) e pela condensação (água), deste modo tornando possível se formar um revestimento em um curto período de tempo. Além disso, a adesão do revestimento resultante é reforçada. O aquecimento é de preferência feito após a evaporação do solvente restante no revestimento aplicado, e a temperatura de aquecimento é de preferência uma temperatura na faixa de 50a 200°C, mais próxima do ponto de ebulição do subproduto do álcool. O aquecimento em um forno de ar quente é mais eficaz.

Revestimento Protetor de Corrosão Sólido:

O revestimento protetor de corrosão sólido é um revestimento não poroso que não contém nenhuma partícula sólida. Assim como o aglutinante do revestimento protetor de corrosão sólido, o mesmo pode ser feito de um material formador de filme.

O revestimento protetor de corrosão sólido é de preferência formado essencialmente de uma resina orgânica. É também possível formar o revestimento protetor de corrosão sólido de um composto polimérico inorgânico, mas um revestimento formado de um composto polimérico inorgânico de modo geral possui uma tendência maior para a formação de espaços vazios do que uma resina orgânica e é inferior em propriedades de prevenção à corrosão.

O revestimento protetor de corrosão sólido pode conter aditivos diferentes que as partículas sólidas. Por exemplo, a fim de prover o revestimento com propriedades protetoras de corrosão ainda maiores, sílica coloidal ou cera pode ser adicionada à composição de revestimento de resina que é usada para formar o revestimento protetor de corrosão sólido.

Quando o revestimento protetor de corrosão sólido é formado substancialmente todo ou em parte de uma resina orgânica, é preferível que pelo menos parte do aglutinante do revestimento lubrificante sólido seja a mesma resina que a usada para o revestimento protetor de corrosão sólido de modo que a mesma resina orgânica esteja presente no aglutinante do revestimento lubrificante sólido inferior e no revestimento protetor de corrosão sólido superior. Como um resultado, a adesão do revestimento protetor de corrosão sólido ao revestimento lubrificante sólido é notavelmente maior, e o efeito do revestimento protetor de corrosão sólido na proteção do revestimento lubrificante sólido subjacente poderá ser obtido de uma forma mais eficaz.

A espessura do revestimento protetor de corrosão sólido é de preferência pelo menos 5 µm. Quando o revestimento protetor de corrosão sólido tem uma espessura menor que 5 µm, o mesmo não poderá prover um efeito de prevenção à corrosão satisfatório. Quando a sua espessura é maior

que 40 μm , pelo mesmo motivo citado com relação ao revestimento lubrificante sólido, haverá uma preocupação de que problemas virão a ocorrer com relação ao hermetismo, à resistência à esfoladura, e à adesão de revestimento. No entanto, dependendo do formato geométrico das roscas, é possível fazer a espessura do revestimento maior que 40 μm .

Quando a espessura total do revestimento lubrificante sólido e do revestimento protetor de corrosão sólido é grande demais, existe preocupação de um efeito adverso, particularmente no hermetismo e na resistência à esfoladura, de modo que a espessura total destas duas camadas de revestimento seja de preferência de no máximo 60 μm e mais preferivelmente de no máximo 50 μm .

Porções Sobre as Quais os Revestimentos são Formados:

O revestimento lubrificante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido acima descritos podem ser formados sobre as superfícies de contato de um ou de ambos dentre o pino e a caixa. O objeto da presente invenção pode ser adequadamente obtido mesmo quando estas duas camadas de revestimento são formadas sobre as superfícies de contato de apenas um elemento, e, deste modo, é econômico se formar estas camadas de revestimento sobre apenas um elemento dentre o pino e a caixa. Neste caso, o processo de formação de um revestimento sobre a caixa é mais fácil do que sobre o pino.

Quando as superfícies de contato de apenas um elemento dentre o pino e a caixa são revestidas com um revestimento lubrificante sólido e com um revestimento protetor de corrosão sólido de acordo com a presente invenção, as superfícies de contato do outro elemento sobre as quais estas duas camadas de revestimento não são formadas (que é de preferência o pino e que é referido abaixo como o outro elemento) podem ser não revestidas (nuas) ou revestidas com outro um ou mais revestimentos.

Em particular, quando um tubo de aço e um acoplamento são montados por meio de uma conexão temporária dos mesmos no momento da expedição conforme mostrado na Figura 1, mesmo que as superfícies de contato do outro elemento, como, por exemplo, o pino, estejam nuas, as su-

perfícies de contato de um pino às quais uma caixa é conectada ficam em contato estrito com os revestimentos que são formados sobre as superfícies de contato da caixa, e a corrosão das superfícies de contato do pino pode também ser evitada pelos revestimentos da caixa.

5 No entanto, um acoplamento é instalado sobre um tubo de aço para um tubo OCTG em apenas uma extremidade do mesmo, enquanto o pino na outra extremidade do tubo e a caixa sobre um lado do acoplamento ficam expostos. Um protetor é com freqüência montado sobre o pino ou caixa expostos a fim de proteger as porções roscadas, mas o protetor não im-
10 pede a passagem de ar ou água.

 Portanto, quando um revestimento lubrificante sólido e um revestimento protetor de corrosão sólido de acordo com a presente invenção são formados apenas sobre a caixa, o pino em uma extremidade sobre a qual uma caixa não é instalada fica exposto ao ar. Neste caso, a fim de imprimir
15 propriedades de prevenção à corrosão ou ambas as propriedades de prevenção à corrosão e as propriedades de lubrificação às superfícies de contato do outro elemento (isto é, o pino), as superfícies de contato do outro elemento podem ser revestidas com uma ou mais camadas de revestimento por meio de um tratamento de superfície adequado. Este revestimento pode ser
20 ou um revestimento de secagem ou de não secagem, contanto que não seja prejudicial ao ambiente ou aos seres humanos.

 O revestimento formado sobre as superfícies de contato do outro elemento pode ser qualquer revestimento primário formado pelo tratamento de superfície preparatório acima descrito, o qual pode ser realizado antes da
25 formação de um revestimento lubrificante sólido de acordo com a presente invenção. Em termos específicos, o mesmo pode ser selecionado dentre um revestimento de zinco poroso ou de uma liga de zinco formado por meio de um chapeamento de impacto, um revestimento de metal chapeado, um revestimento de conversão química, tal como um fosfato, um oxalato, ou um
30 revestimento de borato. De maneira alternativa, um revestimento para o outro elemento pode ser um revestimento cerâmico inorgânico. Exemplos de um revestimento cerâmico são um revestimento compósito de uma cerâmica

especial ou de um metal especial, como, por exemplo, o Revestimento Tom fornecido pela Tomoe Works Co., Ltd. e um Revestimento Raydent que é um revestimento metálico tendo uma camada laminada de partículas cerâmicas ultrafinas fornecidas pela Raydent Industrial Co., Ltd.

5 Uma outra opção para tal revestimento é formar um revestimento protetor de corrosão sólido conforme descrito acima diretamente sobre as superfícies de contato do outro elemento. Destes revestimentos, um revestimento de zinco poroso ou um revestimento de liga de zinco, um revestimento de metal chapeado, ou um revestimento protetor de corrosão sólido
10 apresentam um bom efeito de prevenção à corrosão, enquanto os demais revestimentos são altamente eficazes no aperfeiçoamento das propriedades deslizantes.

Um revestimento de metal chapeado para prevenção à corrosão é de preferência um que possui altas propriedades de prevenção à corrosão,
15 como, por exemplo, um revestimento chapeado de zinco, de liga de zinco, de níquel, de cobre, ou de uma liga de cobre e estanho.

Exemplos de um revestimento de fosfato são um revestimento de fosfato de manganês, um revestimento de fosfato de zinco, um revestimento de fosfato de zinco e cálcio, e um revestimento de fosfato de zinco e ferro. Um
20 revestimento de oxalato pode ser um revestimento de um oxalato de metal, como, por exemplo, um oxalato de ferro (FeC_2O_4) e/ou um oxalato de níquel (NiC_2O_4) que é formado por meio de imersão em uma solução aquosa de ácido oxálico ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$). Um revestimento de borato pode ser um revestimento de um borato de metal, como, por exemplo, um borato de potássio.

25 O peso de revestimento destes revestimentos pode ser igual ao convencionalmente usado para estes revestimentos e pode ser determinado de modo a imprimir adequadamente propriedades de prevenção à corrosão e/ou propriedades de lubrificação sem ser excessivas. É possível formar duas ou mais camadas destes revestimentos, de modo a formar um revestimento de fosfato, um revestimento de oxalato, ou um revestimento de borato
30 acima de um revestimento de zinco poroso ou de liga de zinco ou um revestimento de metal chapeado.

Sobre as superfícies de contato do outro elemento, ao invés de formar o revestimento primário acima descrito ou o revestimento protetor de corrosão sólido, é possível se formar somente o mesmo tipo de revestimento lubrificante sólido (um revestimento contendo um pó lubrificante em um aglutinante) conforme é usado como uma camada de revestimento inferior na presente invenção.

A espessura de um revestimento sobre o outro elemento é de preferência da faixa de 5 a 40 µm pelo mesmo motivo acima apresentado. A fim de garantir a durabilidade do revestimento lubrificante sólido e do revestimento protetor de corrosão sólido formado sobre a caixa que o outro elemento (pino) contata, a aspereza de superfície Rmax do outro elemento é de preferência da faixa de 1 a 10 µm. Quando a aspereza de superfície das superfícies de contato do outro elemento (pino) é maior que 10 µm, existe a possibilidade de o revestimento protetor de corrosão sólido ou de o revestimento lubrificante sólido formado sobre a caixa ser danificado e descamado pelo pino no momento de fixar ou afrouxar uma junta roscada.

Ao formar um revestimento protetor de corrosão sólido ou um revestimento lubrificante sólido sobre as superfícies de contato do outro elemento, a fim de aumentar a adesão destes revestimentos, qualquer tratamento de superfície preparatório acima descrito para a aspereza de superfície poderá ser utilizado. Ou seja, qualquer tratamento para a aspereza das superfícies de contato em si, tal como, banho de ácido ou explosão, ou um tratamento para a formação de um revestimento primário com uma superfície áspera, tal como um chapeamento por impacto com zinco ou com uma liga de zinco, uma metalização, um tratamento de nitrificação suave, uma metalização compósita, uma fosfatação, um tratamento com oxalato, ou um tratamento com borato pode ser executado sobre as superfícies de contato do outro elemento antes da formação de um revestimento protetor de corrosão sólido ou de um revestimento lubrificante sólido.

É igualmente possível se empregar dois ou mais tipos de tratamento de superfície preparatório em seqüência.

Conforme acima descrito, é preferível que a aspereza de super-

fície R_{max} das superfícies de contato do outro elemento seja no máximo de 10 μm . O tratamento de superfície preparatório para a aspereza de superfície das superfícies de contato do outro elemento é de preferência controlado de modo a garantir que tal aspereza de superfície preferível seja obtida depois de o revestimento protetor de corrosão sólido ou o revestimento lubrificante sólido ser formado sobre estas superfícies.

Exemplos:

Os exemplos a seguir pretendem ilustrar a presente invenção e não limitar a mesma em nenhum sentido. Nos exemplos, as superfícies de contato que incluem a porção roscada macho e a porção de contato de metal com metal não roscada do pino serão referidas como as "as superfícies de pino", e as superfícies de contato que incluem a porção roscada fêmea e a porção de contato de metal com metal não roscada da caixa serão referidas como as "superfícies de caixa".

As juntas roscadas (diâmetro externo: 17,78 cm (7 polegadas), espessura de parede: 1.036 cm (0,408 polegadas)) para um tubo OCTG foram produzidas a partir de um aço de carbono A, um aço de Cr-Mo B, um aço de Cr a 13 % C, e um aço de alta liga D, cada qual tendo a composição mostrada na Tabela 1.

As superfícies de pino e de caixa de cada junta roscada foram separadamente submetidas a um tratamento de superfície preparatório e em seguida a um ou dois tipos de tratamento de superfície cada uma de modo a formar um revestimento conforme mostrado na Tabela 2 e conforme descrito a seguir para cada exemplo. Quando apenas um único revestimento foi formado, o revestimento foi indicado na coluna da camada mais externa da Tabela 2.

Quando dois tipos de revestimento foram formados, o primeiro e o segundo revestimentos foram indicados nas colunas da camada intermediária e da camada mais externa, respectivamente, na Tabela 2. Nos exemplos de acordo com a presente invenção, as camadas intermediária e externa são um revestimento lubrificante sólido e uma camada protetor de corrosão sólida.

Em todos os exemplos, cada um dentre o revestimento lubrificante

cante sólido e o revestimento protetor de corrosão sólido foi formado por meio de um revestimento de borrifação de ar seguido de uma consolidação a quente feita por meio do aquecimento a uma temperatura acima de 100° C por 30 minutos.

5 Em alguns exemplos, a fim de avaliar a resistência à corrosão quando expostas à água condensada e à água de chuva, depois de o tratamento de superfície acabar, as superfícies de contato foram submetidas a um teste de borrifação de sal especificado no JIS Z2371 por 100 horas.

10 Em seguida, as superfícies de caixa foram observadas, e um teste de fixação e afrouxamento foi feito em seguida na junta roscada.

15 Nos demais exemplos, a fim de simular as condições durante a armazenagem do tubo OCTG, depois de o tratamento de superfície ser finalizado, foi aplicado um óleo protetor de ferrugem comercialmente disponível às superfícies de pino e às superfícies de caixa de cada junta roscada, e a junta foi deixada por uma semana. Em seguida, o óleo protetor de ferrugem sobre as superfícies foi limpo, e depois de as superfícies de caixa serem observadas, foi feito um teste de fixação e afrouxamento na junta roscada.

20 A fixação foi feita a uma velocidade de fixação de 10 rpm com um torque de fixação de 14 kN-m, e a ocorrência de amarração ou esfoladura das superfícies de contato do pino e da caixa após afrouxamento foi investigada. Quando danos devido à amarração que ocorria durante a fixação foram leves e era possível concluir a fixação após um conserto, o conserto era feito e a fixação e o afrouxamento eram continuados. Quando uma amarração ou esfoladura grave e irreparável ocorria, o teste era finalizado.

25 Os resultados de teste são mostrados na Tabela 3.

Tabela 1

(massa %, controle: Fé e impurezas inevitáveis)

Tipo de Aço	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
A	0,24	0,3	1,3	0,02	0,01	0,04	0,07	0,17	0,04
B	0,25	0,25	0,8	0,02	0,01	0,04	0,05	0,95	0,18
C	0,19	0,25	0,8	0,02	0,01	0,04	0,1	13	0,04
D	0,02	0,3	0,5	0,02	0,01	0,5	7	25	3,2

Tabela 2 (1ª parte)

Nº	Pino	Tratamento Preparatório	Camada intermediária	Camada mais externa	
				Camada intermediária	Camada mais externa
Exemplo 1		1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Zn (R=10)(t=15)	Nenhum	CP	Resina de epóxi (t=20)
Exemplo 2		1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Zn (R=10)(t=15)	Nenhum	CP	Resina de epóxi (t=20)
Exemplo 3		1. Retificação final (R=3) 2. Banho de ácido (R=10)	Nenhum	LU	Resina de furano Dissulfeto de Mo (M=0,3)(t=20)
Exemplo 4		Jato de areia (R=10)	Nenhum	LU	Resina de furano Dissulfeto de Mo (M=0,3)(t=20)
Exemplo 5		Jato de areia (R=10)	Nenhum	CP	Resina de epóxi (t=20)
Exemplo 6		Jato de areia (R=10)	Nenhum	LU	Resina de furano Dissulfeto de Mo (M=0,3)(t=20)

Tabela 2 (2ª parte)

Nº	Caixa				Aço	Condição aplicada*
	Tratamento Preparatório	Camada intermediária	Camada mais externa			
Exemplo 1	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) (t=15)	LU Epóxi de resina Grafito (M=0,6) Pó de cobre (Cu) (N=0,2)(t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	A	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo 2	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) (t=15)	LU Epóxi de resina Grafito (M=0,6) Pó de cobre (Cu) (N=0,2)(t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	A	Borrifação de sal
Exemplo 3	1. Retificação final (R=3) 2. Banho de ácido (R=10)	LU Epóxi de resina Dissulfeto de Mo (M=0,7) (t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	B	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo 4	1. Retificação final (R=3) 2. Chapeamento por impacto de Zn (t=7)	LU Epóxi de resina Dissulfeto de Mo (M=0,7) (t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	D	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo 5	1. Retificação final (R=3) 2. Chapeamento por impacto de Zn (t=7)	LU Epóxi de resina Dissulfeto de Mo (M=0,7) (t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	C	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo 6	1. Retificação final (R=3) 2. Chapeamento por impacto de Zn (t=7)	LU Epóxi de resina Grafito (M=0,6) Pó de cobre (Cu) (N=0,2)(t=30)	CP	Epóxi de resina (t=20)	C	Óleo preventivo de ferrugem

Legendas: CP = Revestimento protetor de corrosão; LU = Revestimento lubrificante; *Condição aplicada antes de fixar e afrouxar

Tabela 2 (continuação) (1ª parte)

Nº	Pino		
	Tratamento Preparatório	Camada intermediária	Camada mais externa
Exemplo Comparativo 1	Retificação final (R=3)	Nenhum	Nenhum
Exemplo Comparativo 2	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de zinco (Zn) (R=10) (t=15)	Nenhum	CP Resina de epóxi (t=20)
Exemplo Comparativo 3	Retificação final (R=3)	Nenhum	Nenhum
Exemplo Comparativo 4	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de zinco (Zn) (R=10) (t=15)	Nenhum	Nenhum
Exemplo Comparativo 5	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de zinco (Zn) (R=10) (t=15)	Nenhum	Nenhum

Tabela 2 (continuação) (2ª parte)

Nº	Caixa				Aço	Condição aplicada*
	Tratamento Preparatório	Camada interna-diária	Camada mais externa			
Exemplo Comparativo 1	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) t(15)	Nenhum	Graxa composta especificada pelo Boletim 5A2** do API		A	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo Comparativo 2	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) t(15)	CP	Resina de epóxi t(=20)	Resina de epóxi Grafito (M=0,6) Pó de cobre (Cu) (N=0,2)t(=30)	A	Bornificação de sal
Exemplo Comparativo 3	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) t(15)	Nenhum		Resina de poliâmida-úmida Dissulfeto de Mo (M=1)t(=25)	B	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo Comparativo 4	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) t(15)	Nenhum		Resina de epóxi Grafito (M=1) t(=15)	B	Óleo preventivo de ferrugem
Exemplo Comparativo 5	1. Retificação final (R=3) 2. Fosfato de Mn (R=10) t(15)	CP	Resina de epóxi t(=20)	Resina de poliâmida-úmida Dissulfeto de Mo (M=1)t(=25)	B	Óleo preventivo de ferrugem

Legendas: R= aspereza de superfície Rmax (μm); t = espessura de revestimento; CP = revestimento protetor de corrosão; LU = revestimento lubrificante; M = razão de massa de pó lubrificante para aglutinante de resina; N = razão de massa de pó de cobre para pó lubrificante.

- 5 * Condição aplicada antes do teste de fixação e afrouxamento.
 ** Graxa composta contém metais pesados, tais como chumbo e é prejudicial aos seres humanos e ao ambiente.

Tabela 3

Nº	Aparência de superfície da caixa antes de fixar	Resultado em cada ciclo de teste de fixação e afrouxamento*									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Exemplo 1	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Exemplo 2	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Exemplo 3	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Exemplo 4	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
Exemplo 5	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△
Exemplo 6	Nenhuma mudança	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△
Exemplo Comparativo 1	-	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
Exemplo Comparativo 2	Pátina formada sobre a superfície	○	○	○	○	○	△	△	x	-	-
Exemplo Comparativo 3	Nenhuma mudança	○	○	○	△	△	x	-	-	-	-
Exemplo Comparativo 4	Nenhuma mudança	○	△	x	-	-	-	-	-	-	-
Exemplo Comparativo 5	Nenhuma mudança	○	○	○	△	△	x	-	-	-	-

*○ : Nenhuma ocorrência de amarração e esfoladura;

10 △ : Amarração suave ocorreu, porém uma nova fixação foi possível após conserto;

x : Esfoladura ocorreu e conserto não foi possível.

Exemplo 1:

15 As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada de aço de carbono tendo a composição A mostrada na Tabela 1 foram separada-

mente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de $3 \mu\text{m}$) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês (uma solução de fosfatação do tipo fosfato de manganês) a $80 - 95^\circ \text{C}$ para tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento primário com um revestimento de fosfato de manganês com uma espessura de $15 \mu\text{m}$. Sobre o revestimento primário, foi formado um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de $30 \mu\text{m}$ a partir de uma resina de epóxi contendo pó de grafite com um diâmetro de partícula médio de $10 \mu\text{m}$ e pó flocoso de cobre com um comprimento máximo de $15 \mu\text{m}$. A razão de massa de grafite para resina de epóxi (M na Tabela 2) no revestimento lubrificante sólido foi de 0,6:1, e a razão de massa de pó de cobre para grafite (N na Tabela 2) foi de 0,2:1. Um revestimento protetor de corrosão sólido feito somente de uma resina de epóxi foi formado com uma espessura de $20 \mu\text{m}$ acima do revestimento lubrificante sólido.

As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de $3 \mu\text{m}$) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de zinco (uma solução de fosfatação do tipo fosfato de zinco) a $75 - 85^\circ \text{C}$ para tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento primário com um revestimento de fosfato de zinco com uma espessura de $15 \mu\text{m}$. Um revestimento protetor de corrosão sólido com uma espessura de $20 \mu\text{m}$ e consistindo somente de uma resina de epóxi foi então formado diretamente acima do revestimento primário.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpadado, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura durante os 10 ciclos de fixação e afrouxamento, e os resultados foram extremamente bons.

30 Exemplo 2:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada de aço de carbono tendo a composição A mostrada na Tabela 1 foram separada-

mente submetidas ao seguinte tratamento de superfície exatamente da mesma maneira conforme descrita no Exemplo 1.

Assim sendo, as superfícies de caixa tinham um revestimento de fosfato de manganês mais interno, um revestimento lubrificante sólido intermediário contendo pó de grafite e pó de cobre em uma resina de epóxi, e um revestimento protetor de corrosão sólido de uma resina de epóxi. As superfícies de pino tinham um revestimento de fosfato de zinco inferior e um revestimento protetor de corrosão sólido superior de resina de epóxi.

As superfícies de caixa foram expostas ao teste de borrifação de sal. Após observação das superfícies de caixa depois do teste de borrifação de sal por 100 horas, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, e os resultados foram extremamente bons.

15 Exemplo 3:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de aço de Cr-Mo tendo a composição B mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 μm) foram submetidas a um banho de ácido para um tratamento de superfície preparatório de modo a obter uma espessura de superfície de 15 μm . Sobre as superfícies de caixa que foram tratadas desta maneira, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 30 μm foi formado a partir de uma resina de epóxi contendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 μm . A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de epóxi no revestimento lubrificante sólido foi de 0,7:1. Um revestimento protetor de corrosão sólido feito somente de resina de epóxi foi formado com uma espessura de 20 μm acima deste revestimento lubrificante sólido.

As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 μm) foram submetidas a um banho de ácido para um tratamento de superfície preparatório de modo a obter uma aspereza de

superfície de 10 µm. Sobre as superfícies de pino tratadas desta maneira, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 20 µm foi formado a partir de uma resina de furano contendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 µm. A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de furano no revestimento lubrificante sólido foi de 0,3:1. Nenhum revestimento protetor de corrosão sólido feito somente de resina de epóxi foi formado sobre o mesmo.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpo, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, e os resultados foram extremamente bons.

Exemplo 4:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de aço de alta liga tendo a composição D mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram submetidas a um tratamento de superfície preparatório para chapeamento de explosão usando partículas tendo um núcleo de ferro revestido com zinco de modo a formar um revestimento de zinco poroso tendo uma espessura de 7 µm.

Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 30 µm foi formado a partir de uma resina de epóxi contendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 µm.

A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de epóxi no revestimento lubrificante sólido foi de 0,7:1. Um revestimento protetor de corrosão sólido consistindo somente em uma resina de epóxi e tendo uma espessura de 20 µm foi formado acima deste revestimento lubrificante sólido.

As superfícies de pino apresentaram uma aspereza de superfície de 10 µm por meio de um jato de areia com uma areia de nº 80, e um reves-

timento lubrificante sólido com uma espessura de 20 μm foi formado sobre estas superfícies a partir de uma resina de furano contendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 μm . A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de furano no revestimento lubrificante sólido foi de 0,3:1.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpo, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, ocorreu uma leve amarração no término de décimo ciclo, mas foi possível continuar o seu uso ao se realizar conserto. Este resultado não impõe nenhum problema com relação à resistência de esfoladura.

Exemplo 5:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de aço 13Cr tendo a composição C mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 μm) tratadas na superfície exatamente da mesma maneira que a descrita no Exemplo 4. Sendo assim, um revestimento de zinco poroso formado por meio chapeamento de explosão, um revestimento lubrificante sólido contendo pó de dissulfeto de molibdênio em uma resina de epóxi, e um revestimento protetor de corrosão sólido de uma resina de epóxi foram seqüencialmente formados sobre as superfícies de caixa.

As superfícies de pino apresentaram uma aspereza de superfície de 10 μm por meio de um jato de areia usando uma areia de nº 80, e um revestimento protetor de corrosão sólido tendo uma espessura de 20 μm e consistindo somente de uma resina de epóxi foi formado sobre estas superfícies.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpo, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada.

No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, ocorreu uma leve amar-

ração no término de décimo ciclo, mas foi possível continuar o seu uso ao se realizar conserto. Este resultado não impõe nenhum problema a partir do ponto de vista da resistência de esfoladura.

Exemplo 6:

5 As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de aço de 13Cr tendo a composição C mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

 As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram submetidas a um tratamento de superfície preparatório para chapeamento de explosão usando partículas tendo um núcleo de ferro revestido com zinco de modo a formar um revestimento de zinco poroso tendo uma espessura de 7 µm.

 Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 30 µm e contendo pó de grafite com um diâmetro de partícula médio de 10 µm e um pó flocoso de cobre com um comprimento máximo de 15 µm em uma resina de epóxi foi formado. A razão de massa M de grafite para resina de epóxi no revestimento lubrificante sólido foi de 0,6:1, e a razão de massa N de pó de cobre para grafite no mesmo foi de 0,2:1. Um revestimento protetor de corrosão sólido tendo uma espessura de 20 µm e consistindo apenas de uma resina de epóxi foi formado acima deste revestimento lubrificante sólido.

 As superfícies de pino apresentaram uma aspereza de superfície de 10 µm por meio jato de areia com uma areia de nº 80, e em seguida um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 20 µm e contendo pó de dissulfeto de molibdênio em uma resina de furano com um diâmetro de partícula médio de 5 µm foi formado sobre estas superfícies. A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de furano no revestimento lubrificante sólido foi de 0,3:1.

 Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpado, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxa-

mento, ocorreu uma leve amarração a partir do oitavo ciclo, mas com conserto, a fixação e afrouxamento puderam ser realizados por até dez ciclos. Este resultado não apresenta nenhum problema com relação à resistência de esfoladura.

5 Exemplo Comparativo 1:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada de aço de carbono tendo a composição A mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

10 As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês a 80 - 95° C para tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de manganês com uma espessura de 15 µm. Uma graxa composta de acordo com os padrões do API foi em seguida aplicada como um lubrificante.

15 As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) permaneceram como estavam sem outro tratamento de superfície.

No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura durante até o oitavo ciclo. Embora tenha ocorrido uma leve amarração no nono ciclo, um conserto foi realizado, e a fixação e afrouxamento puderam ser feitos até 10 ciclos. Sendo assim, neste exemplo, uma resistência de esfoladura consideravelmente boa foi obtida, mas, deve-se entender que o uso de uma graxa composta contendo uma grande 25 quantidade de metais pesados incluindo chumbo é danosa aos seres humanos e ao ambiente.

Exemplo Comparativo 2:

30 As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada de aço de carbono tendo a composição A mostrada na Tabela 1 foram separadamente submetidas ao mesmo tratamento de superfície que o descrito no Exemplo 1, com a exceção da ordem de formação do revestimento lubrificante sólido e do revestimento protetor de corrosão sólido para as superfícies de

caixa que foi invertida conforme descrito abaixo.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês a 80 - 95° C para tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de manganês com uma espessura de 15 µm. Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento protetor de corrosão sólido formado somente de uma resina de epóxi foi formado a uma espessura de 20 µm como uma camada intermediária. Sobre esta camada, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de 30 µm foi formado a partir de uma resina de epóxi contendo pó de grafite com um diâmetro de partícula médio de 10 µm e pó flocoso de cobre com um comprimento máximo de 15 µm. A razão de massa M de grafite para resina de epóxi no revestimento lubrificante sólido foi de 0,6:1, e a razão de massa N de pó de cobre para grafite foi de 0,2:1. A estrutura destes revestimentos foi similar a uma estrutura proposta na publicação WO 2004/033951 no sentido que apresentava um revestimento protetor de corrosão sólido inferior e um revestimento lubrificante sólido superior.

As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram submetidas a um tratamento de superfície exatamente da mesma maneira conforme descrito no Exemplo 1, e as mesmas tinham um revestimento de fosfato de zinco inferior com uma espessura de 15 µm e um revestimento protetor de corrosão sólido tendo uma espessura de 20 µm e consistindo somente de uma resina de epóxi.

As superfícies de caixa foram expostas a um teste de borrifação de sal por 100 horas. Após observação das superfícies de caixa após o teste de borrifação de sal, a ocorrência de pátina (verdegris) foi encontrada nas superfícies de caixa. Acredita-se que a pátina foi formada por meio da reação do pó de cobre contido no revestimento lubrificante sólido, que era a camada mais externa neste exemplo, com o oxigênio no ar em uma dada atmosfera úmida em função do teste de borrifação de sal.

No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, não houve ocorrência

de amarração ou esfoladura até o quinto ciclo, mas uma leve amarração ocorreu no sexto ciclo. Após conserto realizado, a fixação e afrouxamento continuaram até o sétimo ciclo, porém uma forte amarração ou esfoladura ocorreu no oitavo ciclo.

5 Exemplo Comparativo 3:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada de aço de Cr-Mo tendo a composição B da Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

10 As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês a 80 - 95° C para um tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de manganês com uma espessura de 15 µm. Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento lubrificante sólido tendo uma espessura de 25 µm e con-
15 tendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 µm em uma resina de poliamida-imida foi formado. A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de poliamida-imida no revestimento lubrificante sólido foi de 1:1. Nenhum revestimento protetor de corrosão sólido foi formado sobre o mesmo.

20 As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 µm) permaneceram como eram sem outro tratamento de superfície.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpado, nenhuma mudança
25 na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura até o terceiro ciclo, mas uma leve amarração ocorreu no quarto ciclo. Após conserto realizado, a fixação e afrouxamento continuaram até o quinto ciclo, porém uma
30 forte amarração ou esfoladura ocorreu no sexto ciclo.

Exemplo Comparativo 4:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de

aço Cr-Mo tendo a composição B da Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de $3 \mu\text{m}$) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês a $80 - 95^\circ \text{C}$ para formar um revestimento de fosfato de manganês com uma espessura de $15 \mu\text{m}$. Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento lubrificante sólido com uma espessura de $15 \mu\text{m}$ e contendo pó de grafite com um diâmetro de partícula médio de $10 \mu\text{m}$ em uma resina de epóxi foi formado. A razão de massa M de grafite para resina de epóxi no revestimento lubrificante sólido foi de 1:1. Nenhum revestimento protetor de corrosão sólido foi formado sobre o mesmo.

As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de $3 \mu\text{m}$) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de zinco a $75 - 85^\circ \text{C}$ para um tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de zinco com uma espessura de $15 \mu\text{m}$.

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpo, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, não ocorreu amarração ou esfoladura, porém uma leve amarração ocorreu no segundo ciclo. Depois de um conserto realizado, a fixação e afrouxamento continuaram, porém uma forte amarração ou esfoladura ocorreu no terceiro ciclo.

25 Exemplo Comparativo 5:

As superfícies de pino e de caixa de uma junta roscada feita de aço de Cr-Mo tendo a composição B da Tabela 1 foram separadamente submetidas ao seguinte tratamento de superfície.

As superfícies de caixa acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de $3 \mu\text{m}$) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de manganês a $80 - 95^\circ \text{C}$ para um tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de manga-

nês com uma espessura de 15 μm . Sobre o revestimento primário resultante, um revestimento protetor de corrosão sólido tendo uma espessura de 20 μm e feito somente de uma resina de epóxi foi formado. Sobre o revestimento protetor de corrosão sólido, um revestimento lubrificante sólido que tinha
5 uma espessura de 25 μm e feito de uma resina de poliamida-imida contendo pó de dissulfeto de molibdênio com um diâmetro de partícula médio de 5 μm foi formado. A razão de massa M de dissulfeto de molibdênio para resina de poliamida-imida no revestimento lubrificante sólido foi de 1:1. A estrutura destes revestimentos tendo um revestimento protetor de corrosão sólido inferior e um revestimento lubrificante sólido superior é igual à estrutura proposta na publicação WO 2004/033951.
10

As superfícies de pino acabadas por retificação de máquina (aspereza de superfície de 3 μm) foram imersas por 10 minutos em uma solução de fosfatação de zinco a 75 - 85° C para tratamento de superfície preparatório de modo a formar um revestimento de fosfato de zinco com uma espessura de 15 μm .
15

Após observação das superfícies de caixa às quais um óleo preventivo de ferrugem foi aplicado e em seguida limpo, nenhuma mudança na aparência de superfície foi encontrada. No teste de fixação e afrouxamento, conforme mostrado na Tabela 3, durante 10 ciclos de fixação e afrouxamento, não houve ocorrência de amarração ou esfoladura até o terceiro ciclo, porém uma amarração suave ocorreu no quarto circuito. Depois de um conserto feito, a fixação e afrouxamento continuaram até o quinto ciclo, porém uma forte amarração ou esfoladura ocorreu no sexto ciclo.
20

A presente invenção foi explicada com relação às modalidades consideradas preferidas no presente tempo, porém a presente invenção não se limita às modalidades descritas acima. Deve-se entender que modificações e variações podem ser feitas dentro de uma faixa não contrária ao conceito técnico da presente invenção, a qual pode ser compreendida a partir das reivindicações em apenso e do relatório descritivo em geral e de que
25 uma junta roscada para tubos de aço incluindo tal modificação ou variação recai dentro do âmbito técnico da presente invenção.
30

REIVINDICAÇÕES

1. Junta roscada para tubos de aço compreendendo um pino (1) e uma caixa (2) tendo respectivas superfícies de contato que se contatam entre si quando a junta é fixada, caracterizada pelo fato de que as superfícies de contato (3a, 3b, 4a, 4b) de pelo menos um dentre o pino (1) e a caixa (2) são revestidas com um revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) que compreende um pó lubrificante sólido e um aglutinante, e com um revestimento protetor de corrosão não poroso sólido (32a, 32b) que não contém partículas sólidas formadas acima do revestimento lubrificante sólido (31a, 31b).

2. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) é formado sobre as superfícies de contato (3a, 3b, 4a, 4b) que são submetidas a um tratamento de superfície preparatório selecionado dentre banho de ácido, explosão, chapeamento de impacto com zinco ou uma liga de zinco, metalização, nitrificação suave, metalização compósita, fosfatação, tratamento de oxalato, e tratamento de borato.

3. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que as superfícies de contato (3b, 4b) da caixa (2) são revestidas com o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) e com o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b).

4. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que as superfícies de contato (3a, 3b, 4a, 4b) de um elemento dentre o pino (1) e a caixa (2) são revestidas com o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) e com o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b), e as superfícies de contato do outro elemento são revestidas com pelo menos uma camada de revestimento selecionada a partir de um revestimento de zinco ou de liga de zinco, um revestimento metalizado, um revestimento de fosfato, um revestimento de oxalato, um revestimento de borato, e ainda o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) ou o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b).

5. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com a

reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que as superfícies de contato (3a, 3b, 4a, 4b) de um elemento do pino (1) e da caixa (2) são revestidas com o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) e com o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b), e as superfícies de contato de outro elemento são submetidas a um tratamento de superfície preparatório selecionado a partir de 5 banho de ácido, explosão, chapeamento de impacto com zinco ou liga de zinco, metalização, nitrificação suave, metalização compósita, fosfatação, tratamento de oxalato, e tratamento de borato, e são em seguida revestidas ainda com o revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) ou com o revestimento 10 protetor de corrosão sólido (32a, 32b).

6. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b) consiste em uma resina orgânica.

7. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma 15 das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que o aglutinante do revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) compreende uma resina orgânica, e o revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b) compreende a mesma resina orgânica do aglutinante.

8. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma 20 das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que a espessura do revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) é de 5 a 40 μm .

9. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que a espessura do revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b) é de 5 a 40 μm .

25 10. Junta roscada para tubos de aço, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que a espessura de revestimento total do revestimento lubrificante sólido (31a, 31b) e do revestimento protetor de corrosão sólido (32a, 32b) é de no máximo 60 μm .

Fig. 1

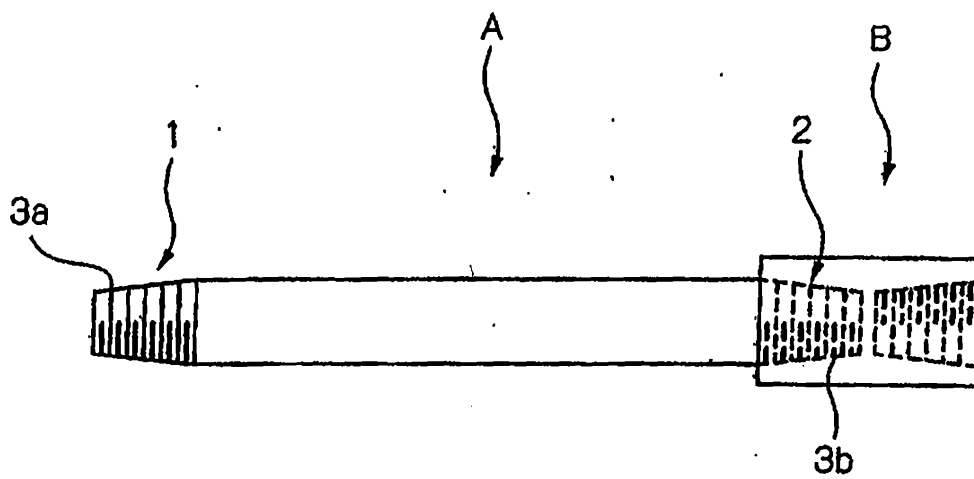


Fig. 2

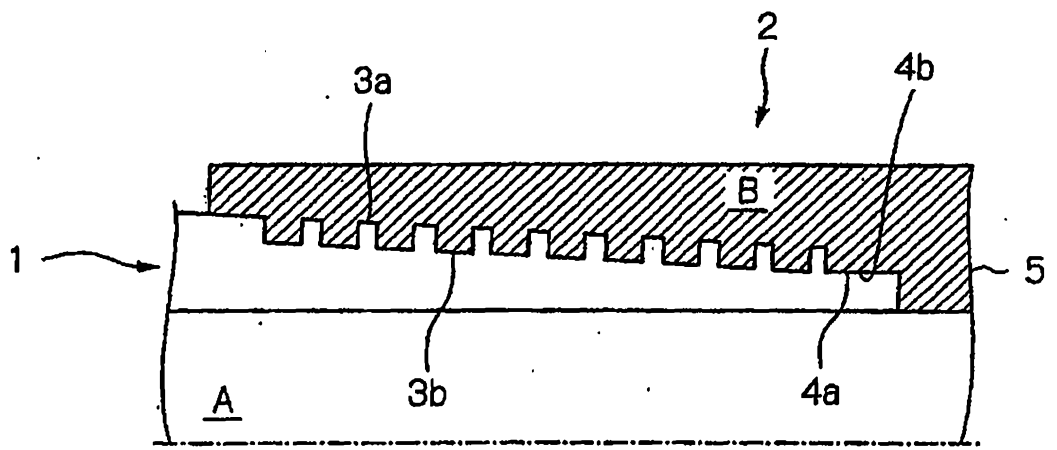


Fig. 3

