



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

(11) PI 1015729-8 B1



(22) Data do Depósito: 23/11/2010

(45) Data de Concessão: 22/12/2020

(54) Título: JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS

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

(30) Prioridade Unionista: 24/11/2009 EP 09176859.8.

(73) Titular(es): TENARIS CONNECTIONS B.V..

(72) Inventor(es): GABRIEL E. CARCAGNO; NESTOR J. SANTI; TATSUO ONO; GASTON MAZZAFERRO.

(57) Resumo: JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS. A presente invenção se refere a uma junta rosqueada para a união de tubos, usados especialmente no campo de OCTG (Artigos Tubulares para Campos de Óleo), tais como tubos na produção de gás ou óleo, e/ou invólucros quando da perfuração de poços, compreendendo um pino e um acoplamento tendo uma superfície de extremidade, não voltada contra qualquer superfície do pino, quando a junta é constituída, o pino tendo uma primeira superfície selante na sua extremidade. e uma segunda superfície selante no outro lado da parte rosqueada. O acoplamento tem uma primeira superfície selante, e um apoio de contato apoiando contra a primeira superfície de extremidade de pino, em um primeiro lado da rosca fêmea, e uma segunda superfície selante de caixa no outro lado da rosca.

"JUNTA ROSQUEADA PARA TUBOS"

CAMPO DA INVENÇÃO

[0001] A presente invenção se refere a uma junta rosqueada para a união de tubos, usados especialmente no campo de OCTG (Artigos Tubulares para Campos de Óleo), tais como tubos na produção de gás ou óleo, e/ou invólucros quando da perfuração de poços.

[0002] Mais particularmente, a invenção se refere a juntas para as indústrias de óleo e gás de alto desempenho, para aplicações em meios físicos sob alta pressão e alta temperatura, e em poços ultraprofundos.

ESTADO DA TÉCNICA

[0003] Condições particularmente demandantes, tais como pressões e temperaturas extremamente altas, frequentemente combinadas com altas forças de compressão - tensão - torque, agindo na junta, podem ser encontradas em meios físicos existentes em poços ultraprofundos, poços a altas pressões - temperaturas e depósitos salinos. As pressões encontradas nesses poços podem ser em torno de 138 MPa (20.000 psi - libras por polegada quadrada).

[0004] Esses requisitos são geralmente satisfeitos pelo uso de tubos com uma espessura de parede acima do padrão, isto é, mais espessos que 1,27 cm (0,5 in).

[0005] Uma junta deve ser capaz de oferecer um desempenho igual ou similar à resistência do corpo do tubo, quando ambos o tubo e a junta são submetidos à compressão e/ou tensão, sob pressões internas e/ou externas. Ainda que as juntas da técnica anterior sejam capazes de igualar o desempenho de um tubo padrão (significando espessura de parede padrão), há ainda a necessidade para uma junta capaz de igualar o desempenho de um tubo de parede espessa.

[0006] Ainda que a indústria tenha recentemente sido capaz de produzir tubos mais espessos, por aperfeiçoamento, basicamente, de processos de tratamento térmico e de composições químicas, há uma deficiência relativa às juntas capazes de igualar o desempenho do tubo de parede espessa recém-desenvolvido.

[0007] As patentes U.S. 6.851.727, 6.905.150, 7.255.374 e 6.921.110 descrevem soluções para juntas oferecendo um ótimo desempenho de funcionamento e uma capacidade estrutural máxima, mas as soluções nelas são basicamente aplicáveis a tubos com espessura de parede padrão, que não podem ser usados em condições extremamente adversas, como aquelas impostas por pressões internas e externas ultra-altas.

[0008] Houve esforços para aperfeiçoar as juntas rosqueadas, para uso em tubos com paredes espessas, por exemplo, para tamanhos de invólucros com maior resistência a uma pressão externa muito alta.

[0009] A maior parte das juntas da técnica anterior, consideradas acima, não é capaz de satisfazer os requisitos

estabelecidos para as condições ambientais adversas mencionadas acima. Uma razão comum é que a capacidade de selagem, em pressões ultra-altas, requer altas interferências e valores de torque, e, portanto, essas juntas do tipo prêmio da técnica anterior experimentam, normalmente, deformações plásticas e escoriação críticas, durante operação de constituição. No projeto de juntas rosqueadas nesse campo tecnológico, cada ligeira variação em projeto de um item constituindo a junta pode ter efeitos imprevisíveis no desempenho global, e precisa ser avaliado cuidadosamente. As soluções que são adequadas para os tubos de faixas de espessura de parede do estado da técnica padrão não propiciam os mesmos desempenhos nos tubos com paredes mais espessas, e as consequências da introdução de variações de configuração, ainda que pequenas, podem produzir resultados imprevisíveis e não óbvios, que devem ser testadas intensamente, antes de aceitação.

[0010] O fato que o corpo do tubo está dentro das faixas de parede acima do padrão, isto é, com uma parede mais espessa, vai fazer com que o desempenho seja imprevisível para uma junta projetada originalmente para tubos de espessura padrão.

[0011] Persiste essa necessidade para uma junta de desempenho de topo para a indústria de Óleo e Gás, com um ótimo desempenho de funcionamento e uma máxima capacidade estrutura, capazes de satisfazer às condições de uso demandantes, sob pressões e temperaturas extremamente altas, combinados com as forças de compressão - tensão - torque agindo na junta. Adicionalmente, essas juntas são necessárias para satisfazer as condições

altamente demandantes impostas pelos padrões aplicáveis na indústria, por exemplo, ISO 13679 CAL IV.

[0012] A patente U.S. 6.543.816 descreve uma junta de parede espessa rosqueada. Uma concretização tem dois selos de metal com metal. Um dos selos é um selo interno, posicionado próximo à ponta do pino. O outro selo é posicionado no meio da rosca. Esse selo intermediário é de difícil manufatura na prática, aumentando os tempo e custo de usinagem, uma vez que a ferramenta para as partes rosqueadas precisa duplicar as suas entrada e saída, havendo duas partes rosqueadas que têm que estar em fase. Este item precisa ter uma operação de precisão, que seja viável em uma planta de produção, mas não geralmente obtenível em oficinas de reparo.

[0013] Adicionalmente, metade da rosca se mantém além do selo metal com metal, desprotegida do contato com os fluidos externos circundando o tubo. Colocando-se o selo metal com metal em uma posição na qual há cerca de 50% da espessura de parede disponível em ambos o pino e a caixa, há uma dependência entre essa vantagem estrutural e a necessidade de selar a junta contra os fluidos externos. Deixando-se desprotegida metade da área rosqueada, há um alto custo a pagar em um meio físico agressivo, tal como um meio físico de uso ácido, uma vez que a alta pressão externa e os fluidos corrosivos se combinam para danificar a superfície das partes rosqueadas, comprometendo, desse modo, o desempenho de toda a junta. Outra concretização da patente U.S. 6.543.816 apenas introduz um selo metal com metal intermediário único, uma configuração que é ainda pior, uma vez que a rosca interna é

também desprotegida contra a pressão interna e a corrosão dos fluidos dentro do conjunto de tubos.

[0014] Quando da presença de pressões extremamente altas, se a pressão externa atingir o selo interno, e/ou a pressão interna atingir o selo externo, como esses selos não são projetados para suportar pressões extremas oriundas da parte rosqueada, podem ser vencidos pela pressão, no sentido de que a pressão de contato pode ser superada pela pressão do fluido, e/ou uma deformação plástica pode ocorrer, provocando, desse modo, falha da função selante da junta.

[0015] Os ensaios de análise de elementos finitos (FEA) de juntas da técnica anterior, com apenas um selo metal com metal interno, mostram que essas juntas não são capazes de proporcionar um desempenho similar ou igual à resistência do corpo do tubo, quando ambos o tubo e a junta são submetidos à compressão e/ou tensão, sob pressões internas e/ou externas. Quando uma pressão externa extremamente alta é aplicada, o selo interno de uma junta da técnica anterior é superado pela pressão e se abre, isto é, perde a impermeabilidade. Essa falha é devida a uma pressão externa agindo contra o selo metal com metal interno, que deforma e abre a ponta do pino e o selo metal com metal.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[0016] O objeto principal da presente invenção é proporcionar uma junta rosqueada para tubo de parede espessa, que supere as deficiências mencionadas acima e satisfaça os requisitos

operacionais estabelecidos para uso em condições ambientais muito adversas.

[0017] Outro objeto da presente invenção é proporcionar uma junta de tubo, tendo uma capacidade de selagem em alta pressão segura e estável, contra ambas as pressões interna e externa.

[0018] Os objetos mencionados acima são alcançados, de acordo com a presente invenção, por meio de uma junta rosqueada para tubos, compreendendo: um pino e uma caixa na forma de um acoplamento, o pino tendo pelo menos uma primeira parte de extremidade, incluindo uma primeira superfície de extremidade, e uma parte rosqueada macho próxima da pelo menos uma primeira parte de extremidade, a caixa tendo pelo menos uma segunda parte de extremidade, incluindo uma segunda superfície de extremidade não voltada contra qualquer superfície do pino, quando a junta é constituída, uma parte rosqueada fêmea próxima a pelo menos uma segunda parte de extremidade, as partes rosqueadas macho e fêmea sendo capazes de unir-se durante a operação de constituição, em que o pino tem uma primeira superfície selante de pino na primeira parte de extremidade, nas vizinhanças da primeira superfície de extremidade, em um primeiro lado da parte rosqueada macho, e uma segunda superfície selante de pino, próxima a um segundo lado da parte rosqueada macho, oposta ao primeiro lado, em que a caixa, em um primeiro lado da parte rosqueada fêmea, tem uma primeira superfície selante de caixa e um ressalto de contato, em contato contra a primeira superfície de extremidade de pino, após constituição, e tendo uma segunda superfície selante de caixa próxima a um segundo lado da parte

rosqueada fêmea, oposta ao primeiro lado, a primeira superfície selante de pino unindo-se com a primeira superfície selante de caixa, e a segunda superfície selante de pino unindo-se com a segunda superfície selante de caixa, após constituição, com o que um selo metal com metal interno e um externo são produzidos, que são ambos constituídos pelo contato de uma superfície selante toroidal com uma superfície selante troncocônica.

[0019] Em virtude dos aspectos mencionados acima, a junta da invenção é capaz de lidar confortavelmente com essas tensões, enquanto mantendo-se dentro do campo elástico e ainda evitando escoriação.

[0020] Em comparação com a maior parte das juntas do estado da técnica, que proporcionam apenas um único selo metal com metal, geralmente interno, para garantir impermeabilidade a gás de toda a junta, a presente invenção proporciona uma junta, que tem uma ação de selagem combinada de selos interno e externo, com uma eficiência de selagem segura durante operação, o que impede a ocorrência de escoriação nos selos metal com metal, durante a constituição.

[0021] Por meio de uma otimização e de uma sinergia das variáveis geométricas, a junta da presente invenção obtém um selo metal com metal externo, que protege toda a parte rosqueada, enquanto ainda garante uma estabilidade estrutural do selo e as pressões de contato necessárias entre as superfícies de selagem. De modo similar, um selo metal com metal interno protege a parte rosqueada da entrada de fluidos externos entre as roscas.

[0022] A solução de acordo com a invenção, incluindo um selo metal com metal duplo, um dos quais é interno e o outro externo com relação à rosca, é capaz de proporcionar uma capacidade de selagem segura, devido à pressão de contato estável, rígida, firme, em virtude de projeto de pino e caixa otimizado para tubos de paredes espessas. Isso supera um problema comum nesses casos, isto é, escoriação, devido às altas pressões de contato nos selos metal com metal, por redução da pressão de contato por meio de uma interferência controlada, durante a constituição.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0023] Outras características e vantagens da invenção vão ficar mais evidentes à luz da descrição detalhada de uma concretização preferida, mas não exclusiva, de uma junta rosqueada para tubos, descrita por meio de um exemplo não limitante, com a ajuda dos desenhos em anexo, em que:

a Figura 1 mostra uma seção axial de um detalhe de uma junta de acordo com a invenção;

a Figura 2 mostra uma ampliação de um detalhe da Figura 1;
a Figura 3a mostra um detalhe seccional ampliado da rosca de uma caixa com uma camada protetora na rosca, em outra concretização de uma junta de acordo com a invenção; e
a Figura 3b mostra um detalhe seccional ampliado de um pino com uma camada protetora na rosca, em outra concretização de uma junta de acordo com a invenção.

DESCRIÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS DA INVENÇÃO

[0024] Com referência particular às Figuras 1 e 2, mostra uma junta rosqueada ou uma conexão para união de segmentos de tubos, especialmente para tubos do tipo de parede espessa. No contexto dessa descrição, no uso do termo "parede espessa", tem-se a intenção de que a parede do tubo tenha uma espessura acima de 1,27 cm (0,5 in). Em qualquer caso, a junta da invenção é particularmente vantajosa para uso em tubos, tendo uma espessura de parede nominal acima de 1,8 cm (0,7 in).

[0025] A junta da invenção compreende um elemento macho, definido comumente como pino 1, com uma parte rosqueada macho externa 30 e um elemento fêmea, definido como a caixa 2, com uma parte rosqueada fêmea interna 31 próxima a uma extremidade livre. O pino 1 tem uma superfície selante 11, antes do início da parte rosqueada 30, e uma segunda superfície selante 19, além da extremidade da área rosqueada no lado oposto. De modo similar, a caixa 2 tem uma superfície selante 12 no lado interno, com relação à parte rosqueada 31, e uma segunda superfície selante 18, no lado oposto da parte rosqueada 31.

[0026] As superfícies selantes de ambos o pino 1 e a caixa 2 se unem, após constituição, para formar, respectivamente, um selo metal com metal interno e um externo, em que o selo interno é produzido pelo contato recíproco das superfícies 11 e 12, e o selo externo é produzido pelo contato recíproco das superfícies 18 e 19. Vantajosamente, os selos metal com metal são ambos feitos por um contato entre as superfícies toroidal e troncocônica. O selo interno é feito, de preferência, por uma superfície toroidal de pino 11 e uma superfície troncocônica de

caixa 12, e o selo externo é feito por uma superfície troncocônica de pino 19 e uma superfície toroidal de caixa 18. A superfície toroidal 11 é proporcionada no pino 1, próxima a ponta do pino, e a superfície troncocônica 12 é proporcionada naquela parte da superfície interna da caixa, nas vizinhanças do ressalto de contato 10. No caso do selo externo, a superfície toroidal 18 fica na caixa 2, próxima a ponta da caixa 23, e a superfície troncocônica 19 fica na superfície externa do pino 1, próxima da área na qual a superfície externa cilíndrica do tubo começa. Essa configuração posiciona a superfície circular (assim definida quando considerada em uma seção plana) ou toroidal (assim definida quando considerada tridimensionalmente) nas partes menos rígidas, isto é, na extremidade livre do pino e na extremidade livre da caixa, enquanto posicionando a superfície afilada nas partes mais rígidas, isto é, aquela extremidade da parte rosqueada do pino e da caixa que fica mais próxima do corpo do tubo.

[0027] O raio das superfícies selantes toroidais 11 e 18 do pino 1 e caixa 2, respectivamente, é compreendido na faixa entre 30 e 100 mm, e tem, de preferência, um valor de cerca de 80 mm. Essa faixa de grandeza do raio otimiza o desempenho do selo. Ainda que um raio muito pequeno possa produzir concentrações de tensão nocivas, devido à pressão de contato muito alta, um raio muito grande (além da faixa mencionada) vai, comparativamente, tender a comportar-se como uma superfície afilada. Os ensaios FEA confirmam que um raio em uma faixa entre 30 e 100 mm propicia uma junta, cuja capacidade de selagem satisfaz o desempenho do corpo de tubo.

[0028] A ponta da caixa 23, na junta constituída, proporciona uma extremidade de não contato 21, isto é, nenhuma superfície transversal ao eixo da junta X é posicionada em frente da superfície de extremidade 21, nem próxima ou distante dela, quando a junta é montada. De preferência, na solução de acordo com a invenção, a caixa 2 é um acoplamento ou uma luva e não a extremidade de um tubo de tamanho comercial, em outras palavras, um acoplamento ou luva curto é otimamente usado para unir dois segmentos de tubo. Nesse caso, esse tipo de junta é também comumente chamado, nesse campo técnico, como T&C (isto é, rosqueada e acoplada).

[0029] A ponta do pino 22 tem uma superfície de extremidade ou ressalto de contato 9, que entra em contato com um ressalto de caixa de união 10, após a constituição estar completa. Ambos os ressalto de contato 10 e a superfície de extremidade de pino 9 são, de preferência, afiladas, com um ângulo negativo α ou igual a nada, com relação a um plano perpendicular ao eixo da junta X.

[0030] As partes rosqueadas 30 e 31 podem ser feitas com vários perfis, embora, um melhor desempenho seja obtido quando as partes rosqueadas são selecionadas com uma rosca enganchada, com um ângulo dos flancos de carga 3 e 4 compreendido, de preferência, entre -10° e 0° . Particularmente, os ângulos de flancos de carga da rosca são ajustados em valores compreendidos entre -7° e $-2,5^\circ$.

[0031] Essa forma de rosca melhora o desempenho de selagem global da junta, o que foi verificado por ensaios usando modelos FEA. De fato, por meio de análise FEA, o indicador "desempenho de selagem" mostra um aperfeiçoamento, quando do uso de ângulos de flancos de carga negativos nas roscas.

[0032] Para reduzir a distância de deslizamento e proporcionar uma pregada mais fácil e uma constituição mais rápida da junta, um tipo preferido de rosca, a ser usado na junta, é uma rosca enganchada com menos de 2 roscas por centímetro - TPC (5 roscas por polegada - TPI), de preferência, uma junta com TPC 1 (TPI 3), com contato de crista com raiz. Alternativamente, uma rosca com TPC 1,5 (TPI 4) pode ser também usada vantajosamente. O passo grande da rosca, TPC 1 (TPI 3), ou TPC 1,5 (TPI 4), em uma concretização alternativa, minimiza o risco de cruzamento das partes rosqueadas, bem como o número de voltas até a posição mais firme, e contribui para uma constituição fácil e segura.

[0033] De preferência, um projeto de rosca é selecionado de modo que o contato de raiz com crista, entre a crista de rosca de caixa e a raiz de rosca de pino, e um vão livre diametral, entre as raízes de rosca de caixa e as cristas de rosca de pino, é proporcionado.

[0034] Vantajosamente, a rosca é afilada na direção axial, em que o ângulo de afilamento tem uma inclinação na faixa de 7 a 15° com o eixo de junta X, de preferência, em torno de 11°, em que n° significa, no presente caso, o ângulo entre a linha de

rosca e o eixo X, tendo o valor $\arctg(n/100)$. Uma inclinação da rosca dessa grandeza propicia uma operação de constituição fácil e segura. A alta inclinação selecionada para o afilamento da rosca, assegurando uma rápida constituição, determina uma pregada profunda, que contribui para o alinhamento do tubo com o acoplamento, ou caixa, durante a montagem do conjunto de tubos.

[0035] O afilamento diametral das superfícies selantes troncocônicas de pino e caixa 12 e 19 é estabelecido maior do que o afilamento da rosca, com uma inclinação na faixa entre 20 e 30%, de preferência, em torno de 25%. Em uma concretização preferida da junta, o afilamento da superfície selante troncocônica 12, na caixa, é menor do que o afilamento da superfície selante troncocônica 19 do pino. Esse aspecto propicia que uma sequência de constituição seja obtida, com o que as partes rosqueadas 30, 31 se fecham, primeiramente, o selo interno 11, 12 se fecha em segundo lugar, e o selo externo 18 se fecha por fim. A distribuição de verniz nas partes rosqueadas é, desse modo, aperfeiçoada, impedindo os picos de pressão nocivos, provocados por carreação do verniz nos interstícios da rosca.

[0036] A junta proporciona ainda uma primeira ranhura anular de expansão de verniz 15, posicionada na superfície interna da caixa 2, próxima a superfície de contato 10. Mais vantajosamente, uma segunda ranhura anular de expansão de verniz 20 é proporcionada na segunda extremidade das partes rosqueadas 31, antes do selo externo 18, 19 na superfície interna da caixa 2. O volume de cada ranhura anular de expansão de verniz, medido em mm^3 , é entre 10% e 50% do quadrado do diâmetro externo (OD)

nominal do tubo, isto é, o volume de cada uma delas é determinado pela seguinte fórmula empírica:

$$0,1 * (OD)^2 < VOLUME < 0,5 * (OD)^2$$

em que OD é apresentado em mm e o VOLUME é apresentado em mm³.

[0037] As roscas macho e fêmea são projetadas com dimensões tais que, após constituição da junta ser feita completamente, remanescem vãos entre os flancos de pregada 5, 6 das roscas do pino 1 e da caixa 2. A distância entre os flancos de pregada das roscas tem uma grandeza compreendida na faixa entre 0,01 mm e 0,12 mm, quando medida em uma projeção paralela ao eixo da junta X. O ângulo do flanco de pregada é definido entre 20 e 30°.

[0038] Além das vantagens já mencionadas acima, a junta da invenção proporciona várias outras vantagens, das quais uma lista não exaustiva é apresentada abaixo. A provisão de selos metal com metal duplos (internos e externos às partes rosqueadas) proporciona um desempenho aperfeiçoado, porque a pressão de fluido externa é impedida pelo selo externo de penetrar nos interstícios entre as roscas e de atingir o selo metal com metal interno. No lado oposto, a pressão de fluido interna é impedida de penetrar entre as roscas e de atingir o selo externo.

[0039] Adicionalmente, ambos os selos metal com metal interno e externo são também energizado por pressão, durante a operação, isto é, a pressão de fluido externa energiza o selo externo, e a pressão de fluido interna energiza o selo interno.

[0040] A junta da invenção pode ser usada em vários tipos de juntas, isto é, rosqueadas e acopladas, integrais, embutidas ou semiembutidas.

[0041] Para certas aplicações, as juntas integrais e embutidas requerem deformações a frio ou a quente particulares, por exemplo, a denominada expansão ou cravação, nas proximidades das extremidades dos tubos, antes da usinagem da rosca, e podem ser nocivas para as propriedades do aço, do qual são feitos os tubos e a junta. Portanto, para usos em condições de carga extremamente altas, são preferidos pino e caixa não deformados. Por conseguinte, ainda que a invenção possa ser usada em qualquer tipo de junta, um desempenho particularmente vantajoso é alcançado, quando a invenção é representada em uma junta rosqueada e acoplada (T&C). Por outro lado, o maior custo de uso da junta da invenção em juntas integrais é apenas justificado quando não há qualquer necessidade para a produção de uma junta embutida ou semiembutida, que possa ter uma menor eficiência de tensão, uma vez que o elemento pino precisa se acomodar, dentro da sua espessura de parede, tanto a parte rosqueada quanto todo ou parte da ponta da caixa.

[0042] Os ensaios feitos nas juntas de acordo com a invenção mostraram que ambos os selos internos e externos 11, 12, 18, 19 se mantêm fechados por todo o envelope de von Mises, mesmo na ausência de pressão interna ou externa, que contribui para energizar os selos, quando a junta está sob condições operacionais reais.

[0043] A junta é particularmente adequada para suportar altas forças de compressão axiais no tubo, forças que colocam os flancos de entrada em contato recíproco, e, desse modo, começam a suportar a carga de compressão, paralela às superfícies de apoio, enquanto a área próxima às ditas superfícies fica ainda no estado de deformação elástica.

[0044] Como já mencionado acima, os aspectos da invenção resultam em uma sequência de constituição conveniente, que otimiza a evacuação do verniz e reduz a escoriação, porque a parte rosqueada é a primeira a ser fechada (isto é, "atinge a posição final"), e apenas após o excesso de verniz ser apertado da parte rosqueada, são os selos metal com metal fechados. Essa sequência garante que nenhum verniz é carregado a altas pressões na cavidade, definida entre os selos metal com metal, após constituição, em que as bolsas de verniz 15, 20 agem como "pulmões" adicionais para o verniz espremido pelas roscas.

[0045] A junta da invenção pode ser também usada vantajosamente em associação com os tratamentos superficiais isentos de verniz da junta. Com referência particular à concretização das Figuras 3a e 3b, nas quais os elementos correspondentes da junta são indicados com os mesmos números das concretizações descritas acima, um tratamento superficial pode ser conduzido para aperfeiçoar a qualidade da junta, e um tratamento preferido consiste em revestimento da superfície da caixa com fosfato de manganês e deixar uma superfície de pino nua. Esse tratamento aperfeiçoa a resistência a escoriação.

Outro aperfeiçoamento do tratamento superficial é alcançado por uso conjunto de um composto de rosca modificado API e do composto de rosca ecológico, com o fosfato de manganês aplicado em uma superfície jateada com areia.

[0046] Em uma primeira concretização preferida de tratamento superficial isento de verniz, pelo menos a superfície da parte rosqueada tem uma rugosidade superficial, R_a , compreendida entre $2,0\text{ }\mu\text{m}$ e $6,0\text{ }\mu\text{m}$, a superfície da rosca sendo coberta por uma primeira camada uniforme de um revestimento de inibição de corrosão seco, e a primeira camada sendo coberta por uma segunda camada uniforme de um revestimento lubrificante seco.

[0047] A parte rosqueada 30 do pino 1 é dotada com uma camada protetora na superfície da rosca. A parte rosqueada da caixa 2 pode ter uma forma perfeitamente similar, ou pode ser produzida sem a camada protetora e ser conectada ao pino 1, dotado com a camada protetora. A camada protetora, nessa primeira variante preferida, compreende:

- uma primeira camada de revestimento de inibição de corrosão seco, que é compreendido de uma resina de epóxi contendo partículas de zinco, depositadas na superfície metálica da rosca; vantajosamente, essas partículas são constituídas de 99% de zinco puro, e a espessura da primeira camada tem um valor entre 10 e 20 μm , compreendida, de preferência, entre 10 e 15 μm ; e
- uma segunda camada de revestimento lubrificante seco, que é compreendido de uma mistura de MoS_2 e outros lubrificantes sólidos em um aglutinante inorgânico, e tem

uma espessura entre 10 e 20 μm , depositada sobre a superfície do revestimento de inibição de corrosão seco.

[0048] Em uma segunda concretização preferida de tratamento superficial isento de verniz, pelo menos a superfície da rosca tem uma rugosidade superficial, R_a , compreendida entre 2,0 μm e 6,0 μm , a superfície da rosca sendo coberta por uma camada uniforme única de um revestimento de inibição de corrosão seco, contendo uma dispersão de partículas de lubrificante sólido. A espessura dessa camada única tem um valor compreendido entre 10 e 20 μm . A parte rosqueada 30 do pino 1 é dotada com a dita única camada protetora uniforme na superfície da rosca. A parte rosqueada da caixa 2 pode ter uma forma perfeitamente similar, ou pode ser feita sem a única camada protetora uniforme e ser conectada ao pino 1, dotado com a dita camada protetora única.

[0049] Em ambos os casos, a camada de revestimento de inibição de corrosão seco, contendo a dispersão de partículas de lubrificante sólido, pode ser aplicada por aspersão, pincelamento, imersão ou qualquer outro método, no qual a espessura do revestimento pode ser controlada.

[0050] Em relação às ditas primeira e segunda concretizações de tratamentos superficiais isentos de verniz, vantajosamente, os segmentos de tubo são adaptados para serem montados sem a necessidade de uma outra preparação superficial, antes de funcionamento no local do campo, ou com a adição de óleo ou graxa; é possível transportar e armazenar os tubos em um campo de óleo, sem haver risco de que os tubos perdem as suas

integridades em virtude de corrosão nas partes rosqueadas formando os conectores; as conexões podem ser montadas no campo de óleo, sem a remoção da camada protetora de corrosão. Testes mostraram que não há, por conseguinte, qualquer escoriação no selo nem na rosca, e a conexão apresentou um comportamento de constituição muito estável.

[0051] Em uma terceira concretização preferida de tratamento superficial isento de verniz, a superfície da rosca é dotada com um revestimento, que compreende, em uma primeira variante, uma primeira camada, com propriedades de alto atrito e antiemperramento, disposta na dita superfície global do pino 1, e uma segunda camada, com propriedades de baixo atrito, disposta em partes específicas das superfícies globais de qualquer um do pino ou da caixa, ou compreende, em uma segunda variante, uma primeira camada, disposta na superfície global da caixa 2, e uma segunda camada, disposta em partes específicas das superfícies globais de qualquer um do pino ou caixa. As partes específicas são aquelas adaptadas para produzir um contato recíproco radial, ou pelo menos parcialmente radial (por exemplo, cristas na caixa, raízes no pino e selos metal com metal).

[0052] Com referência ao dito terceiro tratamento superficial isento de verniz, uma ampliação de uma rosca da caixa 2 é mostrada na Figura 3a, e uma ampliação de um região de contato ou ponta do pino 1 é mostrada na Figura 3b.

[0053] Uma primeira camada de revestimento 40, disposta na superfície global do pino 1, e uma segunda camada de revestimento 41, disposta em uma parte específica da superfície global do pino 1, são mostradas esquematicamente na Figura 3b, por exemplo, nesse caso, na superfície externa do pino 1.

[0054] Como mostrado na Figura 3a, a parte rosqueada 31 da caixa 2, em união com o pino 1, pode ter uma primeira camada 40' e uma segunda camada 41' perfeitamente similares na superfície, ou podem ser feitas sem as camadas protetoras, ou, ainda alternativamente, a camada pode ser feita com uma diferente estrutura de materiais. É também possível ter-se um revestimento apenas na superfície do pino e nenhum revestimento na superfície da caixa.

[0055] A junta tem, portanto, um fator de baixo atrito nas superfícies de contato radiais, que proporciona valores de atrito adequados, para garantir a constituição da junta a valores de torque razoáveis, comparáveis àqueles presentes quando do uso de verniz; e um fator de alto atrito em superfícies de contato axiais, o que proporciona uma área localizada com alto atrito, capaz de transmitir uma alta resistência a torção à junta, uma vez que o apoio fica em contato.

[0056] Como vai entender uma pessoa versada na técnica, outros revestimentos podem ser aplicados, abaixo ou acima de um revestimento polimérico. Por exemplo, uma camada resistente a corrosão pode ser aplicada sobre o revestimento polimérico, desde que a camada resistente a corrosão não afete as

propriedades de atrito de todo o sistema. Adicionalmente, os vários revestimentos, descritos no presente relatório descritivo, podem ser aplicados a toda superfície do elemento pino ou elemento caixa, ou apenas em áreas selecionadas. Por exemplo, os revestimentos podem ser aplicados às partes rosqueadas do elemento pino e do elemento caixa, às partes de selos metal com metal do elemento pino e do elemento caixa, ou a outra parte de apoio do elemento pino e do elemento caixa, sem afastar-se do âmbito da presente invenção.

[0057] Nas concretizações da junta tendo revestimento isento de verniz, as roscas macho e fêmea são projetadas com dimensões tais que, após constituição da junta estar completamente feita, não remanescem quaisquer vãos entre os flancos de cravação 5, 6 das roscas do pino 1 e da caixa 2.

[0058] Alternativamente, todas as concretizações preferidas mencionadas acima de tratamentos superficiais isentos de verniz podem ser conduzidas, em combinação com uma quantidade muito pequena de verniz, em usos particulares. Nesse caso, há necessidade de considerar a expansão do verniz, ou por meio dos vãos de dimensão adequada, entre os flancos da rosca, ou proporcionando ranhuras de volume adequado, em uma ou ambas das extremidades da parte rosqueada da caixa.

[0059] O projeto inovador da junta da invenção foi validado pelo modelamento numérico FEA. A simulação numérica da invenção simulou aquelas sequências de condições de carga (várias combinações de tensão, compressão, pressão interna, pressão

externa), definidas pelo padrão ISO 13679. Essa sequência de testes foi aplicada a várias configurações representativas, que são determinadas por combinações de várias condições geométricas (por exemplo, afiletamento, interferência, diâmetro espessura) e graus de aço. Em relação à capacidade de selagem da junta, a impermeabilidade a gás dos selos metal com metal foi verificada para cada condição de carga.

[0060] Por conseguinte, a junta da presente invenção, de acordo com a análise FEA conduzida, provou que a capacidade de selagem contra pressão interna e/ou externa, é mantida, sob todas as condições de carga testadas.

[0061] Adicionalmente, o projeto da junta foi verificado por meio de um programa de testes em escala integral, desenvolvido particularmente para classificar seu desempenho. Com base nos requisitos da norma ISO 13679 CAL IV, esse programa de testes avalia todos os aspectos relacionados com o uso da junta, tais como a facilidade e a segurança da cravação, o verniz mínimo necessário e capacidade de uso de excesso de verniz requerida, caracterização de constituição e ruptura, resistência a escoriação, capacidade de excesso de torque, e capacidade de selagem, sob ciclos de carga e térmico repetidos. A invenção passou com sucesso em todos os estágios do programa de testes.

[0062] Como uma questão de exemplo, as Tabelas 1 e 2 apresentam resultados dos testes de capacidade de selagem (impermeabilidade a gás), conduzidos em tubos de OD de 27,3 cm (10 3/4 in) e 29,8 cm (11 3/4 in).

Tabela 1 - Tubo 27,3 cm (10 3/4) 99.5 ppf 0,922% em peso, material 95KSI					
condição de carga	tensão [KN]	compressão [KN]	pressão interna [MPa]	pressão externa [MPa]	impermeabilidade a gás da conexão
tensão apenas	10.000	0	0	0	sim
tensão + pressão interna	10.000	0	80	0	sim
apenas pressão interna	0	0	100	0	sim
compressão + pressão interna	0	7.000	60	0	sim
compressão apenas	0	7.000	0	100	sim
compressão + pressão externa	0	7.000	0	100	sim
apenas pressão externa	0	0	0	100	sim

Tabela 2 - Tubo 29,8 cm (11 3/4) 106,7 ppf 0,945% em peso, material 125KSI					
condição de carga	tensão [KN]	compressão [KN]	pressão interna [MPa]	pressão externa [MPa]	impermeabilidade a gás da conexão
tensão apenas	14.000	0	0	0	sim
tensão + pressão interna	14.000	0	100	0	sim
apenas pressão interna	0	0	130	0	sim
compressão + pressão interna	0	7.000	70	0	sim
compressão apenas	0	11.000	0	100	sim
compressão + pressão externa	0	11.000	0	120	sim

apenas pressão externa	0	0	0	120	sim
------------------------------	---	---	---	-----	-----

[0063] É conhecido daqueles versados na técnica que várias variáveis relacionadas influenciam o desempenho de selo metal com metal, isto é:

- . passo da rosca;
- . afilamento da rosca;
- . afilamento das superfícies de selagem;
- . interferência diametral da rosca;
- . interferência diametral de superfícies selantes; e
- . geometria do selo metálico.

[0064] Ainda que a impermeabilidade de selos metal com metal seja aperfeiçoado por pressão de contato (obtida por interferência diametral de ambos a rosca e os selos metálicos), uma pressão de contato excessiva provoca escoriação nos selos metálicos, se a distância de deslizamento não for reduzida. Portanto, por aumento do passo da rosca, a distância de deslizamento é reduzida. Também, um baixo afilamento de rosca e um afilamento de selo mais íngreme retardam o contato do selo para o fim da constituição. Além do mais, a geometria do selo metal com metal é também benéfica, isto é, a configuração de toroidal para troncocônica reduz a área de contato, enquanto otimiza a pressão de contato e a uniformidade de selagem.

[0065] Desse modo, a junta da invenção passou com sucesso por todos os estágios do programa de teste, de acordo com a norma ISO 13679 CAL IV, e satisfaz todos os requisitos e metas de

projeto estabelecidos, e obteve um ótimo desempenho operacional e uma máxima capacidade estrutural, na extensão do desempenho requerido para a gama de paredes espessas.

REIVINDICAÇÕES

1. Junta rosqueada para tubos, do tipo que compreende um pino (1) e uma caixa (2), na forma de um acoplamento; o pino (1) tendo pelo menos uma primeira parte de extremidade (22), incluindo uma primeira superfície de extremidade (9), e uma parte rosqueada macho (30) próxima da pelo menos uma primeira parte de extremidade (22), a caixa (2) tendo pelo menos uma segunda parte de extremidade (23), incluindo uma segunda superfície de extremidade (21) não voltada contra qualquer superfície do pino (1), quando a junta é constituída, uma parte rosqueada fêmea (31), próxima a pelo menos uma segunda parte de extremidade (23), as partes rosqueadas macho e fêmea sendo capazes de união, durante a operação de constituição, em que o pino (1) tem uma primeira superfície selante (11) na primeira parte de extremidade (22), nas vizinhanças da primeira superfície de extremidade (9), em um primeiro lado da parte rosqueada macho (30), e uma segunda superfície selante de pino (19) próxima a um segundo lado da parte rosqueada macho (30), oposta ao primeiro lado, em que a caixa (2), em um primeiro lado da parte rosqueada fêmea (31), tem uma primeira superfície selante de caixa (12) e um apoio de contato (10), em contato contra a primeira superfície de extremidade de pino (9), após constituição da junta, e tendo uma segunda superfície selante de caixa (18) próxima a um segundo lado da parte rosqueada fêmea (31), oposta ao primeiro lado; a primeira superfície selante de pino (11) em união com a primeira superfície selante da caixa (12) e a segunda superfície selante do pino (19) em união com a segunda superfície selante da caixa (18), após constituição, com o que um selo metal com metal

interno e um externo são produzidos, caracterizada pelo fato de que a primeira superfície selante de pino (11) é toroidal e a primeira superfície selante da caixa (12) é troncocônica e em que a segunda superfície selante do pino (19) é troncocônica e a segunda superfície selante da caixa (18) é toroidal, em que a junta tem pelo menos uma bolsa de verniz (15, 20), entre o selo metal com metal e a parte rosqueada, e em que o volume da bolsa de verniz, V , tem uma grandeza dentro da faixa de $0,1 * (OD)^2 < V < 0,5 * (OD)^2$, em que OD é o diâmetro externo nominal do tubo dado em mm, e V é dado em mm^3 .

2. Junta de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que as partes rosqueadas macho e fêmea (30, 31) têm uma rosca enganchada.

3. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 2, caracterizada pelo fato de que a dita primeira superfície de extremidade de pino (9) e o dito apoio de contato de caixa (10) têm um ângulo de apoio (α) negativo.

4. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, caracterizada pelo fato de que as partes rosqueadas macho e fêmea têm menos de 2 roscas por centímetro (5 roscas por polegada).

5. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 4, caracterizada pelo fato de que a espessura de parede nominal é superior a 1,27 cm (0,5 in).

6. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 5, caracterizada pelo fato de que a espessura de parede nominal é superior a 1,78 cm (0,7 in).

7. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 6, caracterizada pelo fato de que o afilamento de superfícies selantes troncocônicas de pino e caixa é superior ao afilamento da rosca.

8. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 7, caracterizada pelo fato de que o diâmetro das superfícies selantes toroidais de pino e caixa é em torno de 80 mm.

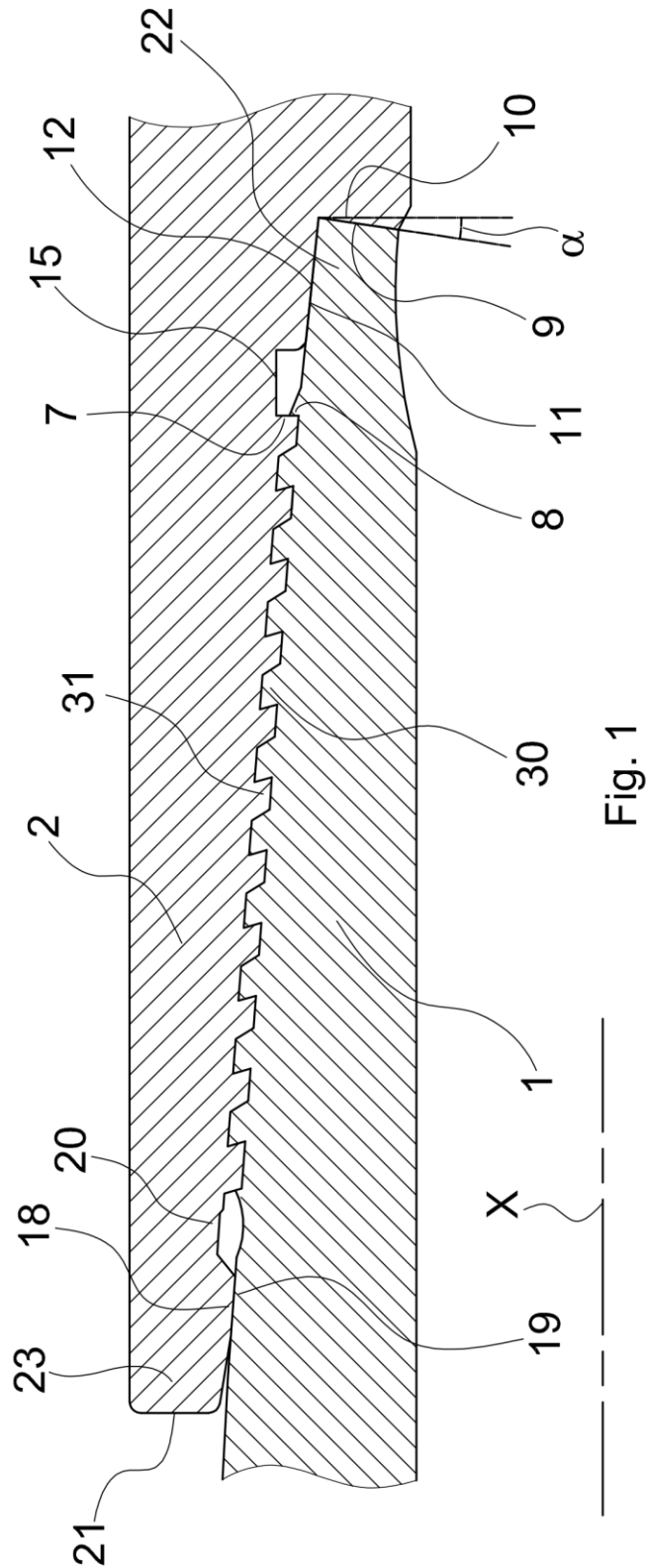
9. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 8, caracterizada pelo fato de que o contato de raiz em crista é proporcionado entre as cristas de rosca de caixa e as raízes de rosca de pino.

10. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 9, caracterizada pelo fato de que um vão livre diametral é proporcionado entre as raízes de rosca de caixa e as cristas de rosca de pino.

11. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 10, caracterizada pelo fato de que um vão livre é proporcionado entre os flancos de cravação, após constituição dentro da faixa de 0,01 mm a 0,12 mm, quando medido em uma projeção paralela ao eixo da junta X.

12. Junta de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 11, caracterizada pelo fato de que o ângulo de flanco de cravação da rosca é compreendido entre 20° e 30°.

13. Junta de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a superfície das partes rosqueadas da junta tem um tratamento superficial isento de verniz.



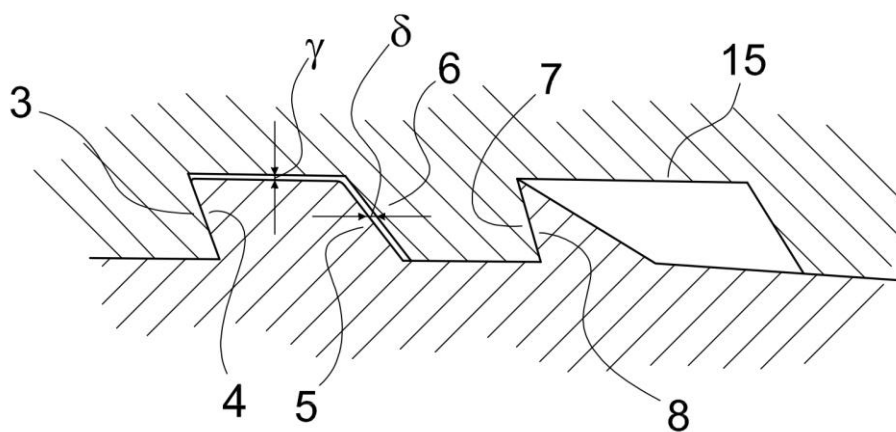


Fig. 2

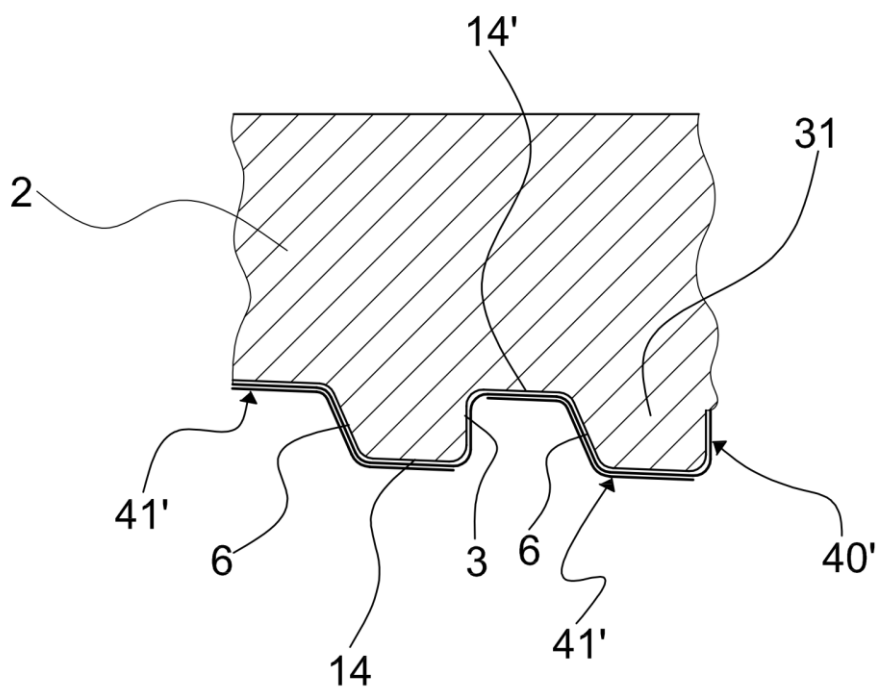


Fig. 3a

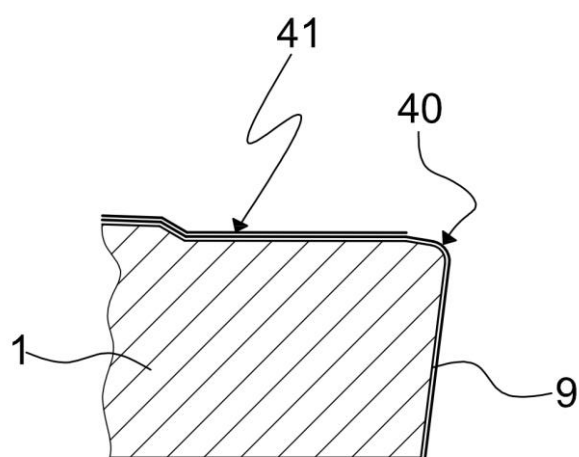


Fig. 3b