



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

(21) PI 0919709-5 A2



(22) Data do Depósito: 05/10/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 22/04/2010

(54) **Título:** COMPOSIÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO COM UM COEFICIENTE DE ATRITO ADAPTÁVEL PARA UM ELEMENTO ROSCADO DE UM COMPONENTE DE LIGAÇÃO TUBULAR ROSCADA

(51) **Int. Cl.:** C10M 169/04; C10M 105/34; C10N 10/02; C10N 10/04; C10N 10/06; (...).

(30) **Prioridade Unionista:** 15/10/2008 FR 08 05714.

(71) **Depositante(es):** VALLOUREC MANNESMANN OIL & GAS FRANCE; SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD..

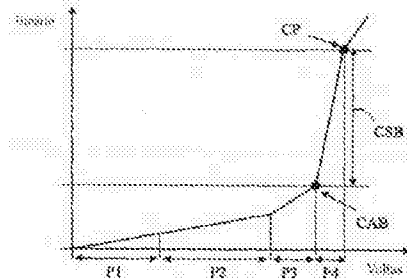
(72) **Inventor(es):** ELIETTE PINEL; ERIC GARD; KUNIO KOTO.

(86) **Pedido PCT:** PCT EP2009007100 de 05/10/2009

(87) **Publicação PCT:** WO 2010/043316 de 22/04/2010

(85) **Data da Fase Nacional:** 14/04/2011

(57) **Resumo:** "COMPOSIÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO COM UM COEFICIENTE DE ATRITO ADAPTÁVEL PARA UM ELEMENTO ROSCADO DE UM COMPONENTE DE LIGAÇÃO TUBULAR ROSCADA". A presente invenção refere-se a uma composição de lubrificação de formação de filme para o enroscamento de ligações roscadas, destinada a cobrir, pelo menos, uma rosca (FE, FI) e uma zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento de um elemento (EM, EF) roscado de um componente (T2, Ti) de uma ligação (JF) tubular roscada com uma película de estado sólido que adere à rosca (FE, FI) e à referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento, estando a referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento destinada a assentar em outra zona (BVF, BVM) de encosto de outro componente (Ti, T2) da referida ligação (JF) tubular roscada durante a fase terminal de enroscamento e compreendendo a referida composição de lubrificação uma matriz. A matriz compreende ainda, pelo menos, um material reologicamente resistente selecionado de modo a conferir à referida composição, como um complemento da lubrificação, um binário de contato de escoramento que é, pelo menos, igual a um valor de limiar.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "COMPOSIÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO COM UM COEFICIENTE DE ATRITO ADAPTÁVEL PARA UM ELEMENTO ROSCADO DE UM COMPONENTE DE LIGAÇÃO TUBULAR ROSCADA".

5 A presente invenção refere-se a componentes de ligações tubulares roscadas utilizadas, por exemplo, em aplicações petrolíferas e, mais precisamente, à lubrificação de parte(s) do(s) elemento(s) roscado(s) de componentes de ligação tubulares roscados compreendendo uma zona de encosto de enroscamento.

10 O termo "componente", como aqui utilizado, designa qualquer elemento ou acessório destinado a ser ligado, por enroscamento, a outro componente para constituir uma ligação tubular roscada com esse outro componente. O componente pode, por exemplo, ser um tubo com um comprimento relativamente grande (em particular, com um comprimento de, aproximadamente, dez metros), um acoplamento tubular com um comprimento de algumas dezenas de centímetros, um acessório para esses tubos (um dispositivo de suspensão, uma ponte, uma válvula de segurança, uma manga aparafusada esimilares).

20 Um componente deste tipo pode, por exemplo, ser utilizado na perfuração ou operação de um poço. Neste caso, os componentes são unidos de modo a serem introduzidos nos poços de hidrocarbonetos ou similares e constituir uma coluna de perfuração, uma coluna de tubos de revestimento ou tubagem ou ainda uma coluna de tubos de produção (colunas de exploração).

25 Os elementos roscados produzidos na extremidade de um componente (tubo ou acoplamento) devem, primeiro que tudo, ser protegidos contra corrosão durante o transporte e armazenamento até ao local de perfuração e, com esta finalidade, são, tradicionalmente, revestidos com massa ou óleo de proteção quando saem da instalação de produção.

30 No poço, podem ter que se submeter a várias operações de enroscamento e desenroscamento. Uma operação de enroscamento é definida por um perfil (ou curva) que expressa o binário de enroscamento (ou aperto)

em função do número de voltas realizado. Um exemplo de um perfil de binário de enroscamento correspondendo a uma ligação de rosca de alta qualidade com roscas afuniladas é mostrado, esquematicamente, na figura 1. Como pode ser visto, um perfil de binário de enroscamento pode ser, de um modo geral, dividido em quatro partes: uma primeira parte P1, durante a qual as roscas externas do elemento roscado macho (ou pino) de um primeiro componente de uma ligação tubular roscada não interferem ainda, radialmente, com as roscas internas do elemento fêmea roscado correspondente (ou caixa) de um segundo componente dessa mesma ligação tubular roscada; uma segunda parte P2, durante a qual a interferência geométrica das roscas dos elementos, macho e fêmea, roscados gera um aperto radial (interferência) que aumenta à medida que o enroscamento continua (gerando um pequeno, mas crescente, binário de enroscamento); uma terceira parte P3, durante a qual uma superfície de vedação na periferia externa da parte de extremidade do elemento roscado macho interfere radialmente com uma superfície de vedação correspondente do elemento fêmea roscado para produzir uma vedação metal/metal; uma quarta parte P4, durante a qual a superfície de extremidade frontal do elemento roscado macho está encostada axialmente à superfície anelar de uma zona de encosto de enroscamento do elemento fêmea roscado. Esta quarta parte P4 corresponde à fase terminal do enroscamento.

O binário CAB de enroscamento que corresponde ao fim da terceira parte P3 e ao início da quarta parte P4 é denominado binário de contato de escoramento. O binário CP de enroscamento que corresponde ao fim da quarta parte P4 é denominado o binário de plastificação. Para lá deste binário CP de plastificação, assume-se que a zona de encosto de enroscamento macho (parte de extremidade do elemento roscado macho) e/ou a zona de encosto de enroscamento fêmea (zona situada atrás da superfície de encosto anelar do elemento roscado fêmea) sofre uma deformação plástica, que pode degradar o desempenho de vedação de contato das superfícies de vedação. A diferença entre estes valores de binário CP de plastificação e binário CAB de contato de escoramento é denominada binário CSB

sobre resistência de contato ($CSB = CP - CAB$).

Uma ligação tubular roscada é submetida a um aperto otimizado no fim do enroscamento, que é a medida da resistência mecânica otimizada do conjunto roscado, por exemplo, no que se refere às resistências à tração, mas também no que se refere aos desenroscamentos acidentais em serviço, e do desempenho de vedação otimizado. O projetista da ligação roscada deve, assim, definir, para um determinado tipo de ligação roscada, o valor do binário de enroscamento otimizado que deve, para todos os conjuntos desse tipo de ligação, ser menor que o binário CP de plastificação (para evitar a plastificação das zonas de encosto e as subsequentes desvantagens) e maior que o binário CAB de contato de escoramento. A conclusão do enroscamento com um binário inferior ao CAB não garante uma posição relativa correta para os elementos macho e fêmea e, assim, um aperto apropriado das suas superfícies de vedação. O valor efetivo de um binário CAB de contato de escoramento flutua muito de um conjunto para outro para o mesmo tipo de ligação dado que depende dos diâmetros nominais das roscas e da(s) superfície(s) de vedação macho e fêmea, e o binário de enroscamento otimizado deve ser substancialmente maior que o binário CAB de contato de escoramento. Consequentemente, quanto maior for o valor do binário CSB sobre resistência de contato, maior a margem para definir o binário de enroscamento otimizado e mais resistente será a ligação roscada no que se refere a tensões operacionais.

Para proteger partes sensíveis, tais como as roscas, contra griagem durante operações de enroscamento e desenroscamento, as roscas são, tradicionalmente, desembaraçadas de massa protetora e revestidas com massa de enroscamento especial, tais como API RP 5A3 (anteriormente API Bull.5A2). A utilização desta massa carregada de metais pesados e/ou tóxicos, tais como chumbo, para além da desvantagem de ter de se proceder a um segundo revestimento na cabeça do poço, apresenta a desvantagem de poluir o poço e o ambiente, dado que a massa excessiva é retirada das roscas durante o enroscamento.

Propuseram-se outros tipos de proteção.

Assim, propõe-se substituir os dois revestimentos sucessivos de massa por um só revestimento, sendo o referido revestimento efetuado na instalação de produção dos elementos roscados, de uma fina camada de um lubrificante com uma consistência pastosa ou cerosa denominado semisseca compreendendo, pelo menos, um aditivo de resistência a pressões extremas com uma ação química. Essa camada fina constitui uma cobertura semisseca que apresenta a desvantagem de exigir proteção mecânica contra a poluição por partículas de poeira ou areia durante o transporte e armazenamento.

Outras propostas visam substituir a massa por vários revestimentos de estado sólido protetores aplicado na instalação de produção de elementos roscados e compreendendo uma matriz sólida que adere ao substrato no qual partículas de lubrificante(s) sólido(s) estão dispersas; mais particularmente, pode salientar-se o dissulfureto de molibdênio MoS_2 .

O documento WO-2006/104251 descreve uma ligação enroscada compreendendo uma camada viscosa lubrificante coberta com uma película sólida seca. A película não é lubrificante. A camada de lubrificante não está no estado sólido.

O pedido de patente Francês 0702634, não publicado à data de apresentação, refere-se a uma composição de lubrificação compreendendo um aditivo de travagem disperso em uma matriz e selecionado para dotar a composição, como um complemento da lubrificação, com um coeficiente de atrito, que é selecionado para obter um binário sobre resistência de contato, pelo menos, igual a um valor de limiar.

Assim, a invenção visa melhorar a situação e, mais precisamente, proporcionar uma composição de lubrificação (ou revestimento) com um coeficiente de atrito que é selecionado de modo a obter um valor selecionado para o binário sobre resistência de contato definido a partir do que foi obtido para a mesma ligação roscada com elementos roscados revestidos com uma massa de norma API RP 5A3, para permitir a utilização de um valor padrão de binário de enroscamento otimizado (valor padrão determinado pela massa API RP 5A3). Com isto, pode evitar-se reduzir o valor do binário

de enroscamento otimizado para este tipo de ligação e para a massa API de referência e, em casos extremos, evitar o fato de não se conseguir garantir a função da zona de encosto.

5 Para isso, a invenção propõe uma composição de lubrificação de formação de filme para o enroscamento de ligações roscadas, destinada a cobrir, pelo menos, uma rosca e uma zona de encosto de enroscamento de um elemento roscado de um componente de uma ligação tubular roscada com uma película de estado sólido que adere à rosca e à zona de encosto de enroscamento subjacente, estando a referida zona de encosto de enroscamento destinada a assentar em outra zona de encosto de outro componente da referida ligação tubular roscada durante a fase terminal de enroscamento e compreendendo a referida composição de lubrificação uma matriz. A matriz compreende, pelo menos, um material reologicamente resistente selecionado de modo a conferir à referida composição, como um complemento da lubrificação, um valor de binário sobre resistência de contato que é, pelo menos, igual a um valor de limiar.

10

15

Por outras palavras, a invenção propõe uma composição de lubrificação para o enroscamento de ligações roscadas em que o efeito elástico pode ser selecionado em função das tensões de Hertz às quais o elemento roscado - que esta deve cobrir parcialmente - deve ser submetido no final das operações de aperto. O efeito elástico pode ser selecionado em função da velocidade do atrito.

20

Conforme as restrições da aplicação em questão, a composição pode apresentar-se na forma total e, mais particularmente, em uma forma sólida para ser pulverizada no estado fundido, ou diluída na forma de uma dispersão ou uma emulsão em um composto orgânico ou em água.

25

A composição do lubrificante de enroscamento de ligações roscadas pode ser dividida em diversas variações, em que, pelo menos, algumas delas são características que podem ser combinadas, em particular:

30 • o(s) referido(s) material(is) reologicamente resistente(s) é(são) configurado(s) para permitir a obtenção de um valor de binário sobre resistência de contato que seja, pelo menos, igual a um valor de limiar igual

a 90% de um valor de referência de binário sobre resistência de contato para uma massa de tipo API RP 5A3;

- o(s) referido(s) material(is) reologicamente resistente(s) é(são) configurado(s) para permitir a obtenção de um valor de binário sobre resistência de contato que seja, pelo menos, igual a um valor de limiar igual a 95%, de preferência 100% e mais preferencialmente 120% de um valor de referência de binário sobre resistência de contato para uma massa de tipo API RP 5A3 obtido para a referida ligação (JF) tubular roscada;
- o material reologicamente resistente inclui 1 a 99% de resina terpênic a base de alfa pineno, ácido colofônico e ácido resínico esterificado com pentaeritritol, ácido colofônico e ácido resínico hidrogenado e esterificado com glicerina e/ou colofônia polimerizada, em uma composição por peso;
- o material reologicamente resistente compreende 1 a 99% de ácido colofônico e ácido resínico esterificado com pentaeritritol, em uma composição por peso;
- a composição compreende 10% a 25% de material reologicamente resistente, em uma composição por peso;
- o material reologicamente resistente compreende 1% a 10% de poli(metacrilato de alquila), em uma composição por peso;
- a composição compreende 5% a 20% da cera de polietileno.
- a composição compreende 0 a 5% de composto de polietileno/poli(tetrafluoroetileno);
- a composição compreende 10% a 25% de colofônia esterificada, de preferência, 10% a 20%.
- a composição compreende 0 a 20% da cera de carnaúba, de preferência, 4% a 12%.
- a composição compreende 10% a 35% de estearato de zinco, de preferência, 20% a 26%;
- a composição compreende 10% a 40% de silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio, de preferência, 18% a 22%.
- a composição compreende 1 a 12% de fluoreto de grafite, de

- preferência 4,5% a 7%.
 - a composição compreende 0 a 4% de politetrafluoroetileno;
 - a composição compreende 1% a 3% de nitreto de boro;
 - a composição compreende 2% a 8% de dissulfureto de tungstênio, de preferência 3% a 6%.
- 5
 - a composição compreende 2% a 8% de agente de acoplamento, em uma composição por peso;
 - a composição compreende, pelo menos, um aditivo de travagem constituído por dispersões de partículas minerais ou orgânicas que têm
- 10 um valor relativamente elevado para a carga de clivagem e/ou interações fortes entre partículas ou ligações atraentes entre partículas e/ou uma dureza Mohs média a elevada e/ou um comportamento reológico que é resistente ou se opõe ao movimento, sendo cada aditivo de travagem selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, óxido de bismuto, óxido de titânio, sílica coloidal e negro de fumo;
- 15
 - a composição compreende partículas de lubrificante(s) sólido(s) dispersas na matriz;
 - a(s) referida(s) partícula(s) de lubrificante sólido compreende(m) partículas de lubrificantes de, pelo menos, uma das classes 1, 2, 3 e
- 20 4;
- as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 1;
 - as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem partículas
- 25 las de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 4;
- as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 1, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 4;
- 30
 - as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 selecionado de fluoreto de grafite, sulfuretos de estanho, sulfuretos de bismuto, fluoretos de cálcio

e dissulfureto de tungstênio;

- as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem, pelo menos, partículas de politetrafluoroetileno como um lubrificante sólido de classe 4;

5 • as partículas de lubrificante(s) sólido(s) compreendem, pelo menos, moléculas de, pelo menos, um fulereno com uma geometria esférica ou tubular;

- a referida matriz tem uma consistência sólida, que não é pegajosa ao toque e compreende, pelo menos, um ligante exibindo comportamento viscoelástico;

10 • a referida matriz compreende, pelo menos, um sabão metálico;

- o sabão é selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, estearato de sódio, estearato de zinco, estearato de cálcio, estearato de lítio, estearato de alumínio e estearato de bismuto;

15 • a referida matriz compreende, pelo menos, uma cera de origem vegetal, animal, mineral ou sintética;

- a referida matriz compreende, pelo menos, um polímero líquido com uma viscosidade cinemática a 100^oC de, pelo menos, 850 mm²/s;

20 • o referido polímero líquido é selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, um poli(metacrilato de alquila), um polibuteno, um poliisobuteno, um polissiloxano e um polidialquilssiloxano;

- as partículas de lubrificantes sólidos podem compreender moléculas de, pelo menos, um fulereno com uma geometria esférica ou geometria tubular;

25 • a matriz pode compreender, pelo menos, um ligante mineral, tal como um silicato alcali;

- a matriz pode ter uma consistência sólida, não pegajosa ao toque e compreender, pelo menos, um ligante viscoelástico, tal como um elastômero ou um látex;

30 • a composição por peso de lubrificantes sólidos pode, por exemplo, ser a seguinte: 20 a 99% de fluoreto de grafite, 5% a 30% de nitreto

de boro, 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

- a composição por peso de lubrificantes sólidos pode, por exemplo, ser a seguinte: 20 a 99% de sulfuretos de estanho, 5% a 30% de nitreto de boro, 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

5 • a composição por peso de lubrificantes sólidos pode, por exemplo, ser a seguinte: 20 a 99% de sulfuretos de bismuto, 5% a 30% de nitreto de boro, 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

10 • a matriz pode ter uma consistência pastosa (isto é, ter um ponto de gota). Neste caso, a composição de lubrificação pode compreender, pelo menos, um aditivo de extrema pressão com uma ação química.

No decurso da sua investigação, a Requerente destacou a importância de um valor elevado de binário sobre resistência de contato, por exemplo 100% ou mais do valor de referência, ou mesmo de um valor muito elevado de binário sobre resistência de contato, por exemplo 120% ou mais do valor de referência, permitindo que a geometria das zonas de encosto seja preservada e o número de operações de enroscamento/desenroscamento seja aumentado.

A invenção também propõe um elemento roscado de um componente de uma ligação tubular roscada, compreendendo, pelo menos, uma rosca e uma zona de encosto de enroscamento contra a qual outra zona de encosto de outro componente da referida ligação tubular roscada se deve apoiar no final da operação de enroscamento, e em que, pelo menos, uma rosca e a zona de encosto de enroscamento são revestidas com uma camada fina que adere à superfície da rosca e à zona de encosto de enroscamento e é constituída por uma composição de lubrificação do tipo apresentado acima.

O elemento roscado pode estar disponível em diversas variações, em que, pelo menos, algumas das características podem ser combinadas, em particular:

30 • pode ser, pelo menos parcialmente, coberto com uma espessura de composição de lubrificação compreendida no intervalo de 10 μm a 50 μm ;

- também pode compreender uma superfície de vedação destinada a entrar em contato estanque com uma superfície de vedação correspondente de outro elemento roscado após a operação de enroscamento e coberta com a composição de lubrificação;

5 • a sua zona de encosto de enroscamento pode ser uma superfície de encosto anelar;

- as suas superfícies cobertas com a composição de lubrificação podem ter características geométricas, físicas e/ou químicas que as tornam aptas a adsorver ou absorver a referida composição de lubrificação;

10 • as suas superfícies podem ter sido revestidas com um revestimento ou película tendo um papel protector contra a corrosão.

A invenção também propõe uma ligação tubular roscada, compreendendo um elemento roscado macho e um elemento roscado fêmea, em que, pelo menos, um é do tipo apresentado acima.

15 Outras características e vantagens da invenção serão evidentes a partir da descrição que se segue e dos desenhos anexos, nos quais:

- A figura 1 mostra, esquematicamente, um exemplo de um perfil de binário de enroscamento (binário em função do número de voltas);

20 • A figura 2 mostra, esquematicamente, em um corte ao longo do eixo XX longitudinal, uma forma de realização de um elemento fêmea de um primeiro componente de uma ligação tubular roscada tipo VAM TOP;

- A figura 3 mostra, esquematicamente, em um corte ao longo do eixo XX longitudinal, uma forma de realização de um elemento macho de um segundo componente de uma ligação tubular roscada tipo VAM TOP;

25 • A figura 4 mostra, esquematicamente, em um corte ao longo do eixo XX longitudinal, uma forma de realização de uma ligação tubular roscada tipo VAM TOP constituída pela união dos elementos machos e fêmea ilustrados nas figuras 2 e 3; e

30 • A figura 5 mostra, esquemática e funcionalmente, uma forma de realização de uma máquina tipo Bridgman.

Os desenhos anexos servem não apenas para apoiar a invenção, mas também contribuem para a sua definição, se apropriado.

O objetivo da invenção é propor uma composição (ou revestimento) de lubrificação de formação de filme para enroscamento de ligações roscadas tendo um coeficiente de atrito selecionado de modo a obter um valor para o binário sobre resistência de contato que é, pelo menos, igual a um valor de limiar em um elemento roscado de um componente de uma ligação tubular roscada correspondente a um perfil de binário de enroscamento definido, em particular, por esse valor de binário sobre resistência de contato.

Presume-se que o componente será, doravante, destinado à perfuração ou exploração de um poço de hidrocarbonetos e que está dotado com, pelo menos, um elemento roscado macho ou fêmea de uma ligação tubular roscada acoplada ou integral da família VAM (marca comercial) ou equivalente. No entanto, a invenção não está limitada a este tipo de utilização, nem ao tipo de ligação tubular roscada citado acima. A invenção, de fato, refere-se a qualquer tipo de ligação tubular roscada, independentemente da sua utilização, desde que compreenda, pelo menos, um elemento roscado macho ou fêmea dotado com, pelo menos, uma rosca e uma zona de encosto de enroscamento que deve ser lubrificada utilizando a mesma composição (ou revestimento) de lubrificação. As velocidades de rotação podem ser da ordem de 10 a 30 rpm no início do enroscamento, após engate das roscas, e um máximo de 2 a 5 rpm no final do enroscamento. Os diâmetros estão compreendidos, geralmente, entre 50 a 400 mm, as velocidades lineares estão no intervalo de 0,3 m/s, no início do enroscamento, a 0,005 m/s no final do enroscamento. Além disso, a pressão de contato é baixa no início do enroscamento e muito alta no final do enroscamento nas zonas de vedação e encosto. As distâncias de atrito são longas nas roscas desde o início de enroscamento até ao fim. As distâncias de atrito são muito pequenas nas zonas de vedação e encosto no final do enroscamento. A composição de lubrificação destina-se a suportar pressões extremas, por exemplo, da ordem de 1,5 GPa no final de enroscamento e velocidades lentas, reduzindo, ao mesmo tempo, o desgaste adesivo e fluência da rosca. Um aumento do atrito durante uma forte diminuição de velocidade e um aumento na tensão

de Hertz é vantajoso. O teste de Bridgmann revelou-se adequado para testar as composições de lubrificação previstas; por outro lado, outros testes, por exemplo, utilizando uma máquina Amsler, não são pertinentes para o domínio do enroscamento dado que se referem ao contato em condições de ro-
5 lamento que estão ausentes durante o enroscamento de uma ligação. Estes requisitos muito específicos em relação ao enroscamento com zonas de vedação e zonas de encosto significam que uma composição de lubrificação concebida para outros fins deve ser imediatamente excluída.

Como ilustrado nas figuras 2 e 3, um componente T1 ou T2
10 compreende um corpo ou parte PC regular terminada por um elemento EF fêmea ou macho EM roscado (ou extremidade).

Um elemento EF roscado fêmea (vide figura 2) compreende, pelo menos, uma rosca F1 interna e uma zona BVF de encosto de enroscamento que, por exemplo, tem a forma de uma superfície anelar interna (cônica convexa no caso de uma ligação roscada de tipo VAM TOP) colocada a
15 jusante de um rosca FI interna.

A extremidade livre do elemento EF roscado fêmea funciona, neste caso, como referência. Consequentemente, quaisquer elementos após a extremidade livre são definidos como estando a jusante da mesma. No
20 exemplo ilustrado na figura 2, a rosca FI interna está colocada a jusante da extremidade livre, mas a montante da zona BVF de encosto de enroscamento.

O termo "interna", como aqui utilizado, designa uma parte disposta ao longo de uma superfície (ou uma superfície) que está orientada na
25 direcção do eixo XX longitudinal do elemento EF roscado fêmea.

Como ilustrado na figura 2, o elemento EF roscado fêmea pode compreender, opcionalmente, uma superfície SEF de vedação metal/metal interposta entre a rosca FI interna e a zona BVF de encosto de enroscamento.

Um elemento roscado macho (vide figura 3) compreende, pelo menos, uma rosca FE externa e uma zona BVM de encosto de enroscamento que tem, por exemplo, a forma de uma superfície de extremidade anelar

(cônica côncava no caso de uma ligação roscada de tipo VAM TOP) colocada a montante da rosca FE externa na extremidade livre.

A extremidade livre do elemento EM roscado macho funciona, neste caso, como referência. Consequentemente, diz-se que tudo o que se situa depois da extremidade livre está a jusante da mesma.

O termo "externo" designa um elemento disposto em uma superfície (ou uma superfície) que está orientada em uma direção radialmente oposta ao eixo XX longitudinal do elemento EM roscado macho.

Como ilustrado na figura 3, o elemento EM roscado macho pode compreender, opcionalmente, uma superfície SEM de vedação metal/metal interposta entre a zona BVM de encosto de enroscamento e a rosca FE externa.

Deve salientar-se que a rosca FI interna, como a rosca FE externa, podem situar-se em uma ou mais partes roscadas distintas que se encontram, axial e/ou radialmente, distantes entre si e dispostas em superfícies cilíndricas ou cônicas.

Como mostrado na figura 4, uma ligação JF tubular roscada é constituída pela união, por enroscamento, de um elemento EF roscado fêmea de um primeiro componente T1 em um elemento EM roscado macho de um segundo componente T2. O referido enroscamento é definido por um perfil de binário de enroscamento do tipo ilustrado na figura 1 e caracterizado por um binário CAB de contato de enroscamento, um binário CP de plastificação e um binário CSB sobre resistência de contato (cujas respectivas definições foram dadas na secção introdutória).

O enroscamento é efetuado quando, pelo menos, uma das zonas BVF e/ou BVM de encosto de enroscamento e a rosca FI interna e/ou rosca FE externa e, opcionalmente, as superfícies SEF e SEM de vedação metal/metal do elemento EF roscado fêmea e/ou do elemento EM roscado macho estiverem cobertas com um revestimento (ou composição) de lubrificação. Este revestimento (ou composição) pode ser depositado nos elementos roscados EF fêmea e/ou EM macho na sua instalação de produção.

A composição de lubrificação tem uma natureza de formação de

filme. Está apta a formar, sobre um substrato, uma camada fina (película) destinada a ficar colada neste. Compreende uma matriz compreendendo, pelo menos, um material reologicamente resistente. Como vai ser visto em seguida, uma composição de lubrificação deste tipo destina-se a proporcionar um comportamento "reologicamente resistente" durante as condições denominadas plastificação de atrito da zona de encosto de enroscamento (isto é, no final da fase de aperto). A obtenção de propriedades elásticas para além de propriedades plásticas permite que as forças de cisalhamento sejam aumentadas em condições de tensão de atrito. As forças de cisalhamento são maiores quando o componente elástico é grande e a velocidade de cisalhamento é alta. Um efeito reologicamente resistente é obtido ao mesmo tempo que se mantêm as propriedades de atrito e se mantêm os valores do binário de contato de enroscamento aceitáveis, evitando um aquecimento excessivo devido ao cisalhamento que pode fazer variar as propriedades reológicas da matriz, evitando a ruptura da película para além de um nível de tensão susceptível a um efeito de lubrificação excessivo, denominado "projeção (humping)" e evitar um efeito pelicular, permitindo um grande número de operações de enroscamento/desenroscamento. O material reologicamente resistente que faz parte da matriz confere à composição propriedades elásticas que, de outra forma, teria propriedades essencialmente plásticas.

A matriz, também denominada ligante, pode ligar ou transportar um princípio ativo até um determinado local. Também serve como um agente de coesão em um sistema heterogêneo e pode ter funções que complementam as dos princípios ativos que liga ou transporta. Pode ter uma consistência sólida que não é pegajosa ao toque, ou pode ter uma consistência pastosa (isto é, ter um ponto de gota). No entanto, exhibe, de preferência, um comportamento reológico com um módulo elástico que é maior que o módulo plástico ou viscoplástico, particularmente a baixa frequência e/ou a baixas velocidades de cisalhamento, e uma natureza lubrificante. Neste caso, o termo "baixa frequência" significa uma frequência inferior a 7,5 Hz.

A composição pode ter um módulo elástico substancialmente

constante ao longo de uma ampla faixa de frequência, com um valor de referência no intervalo de 0,1 Hz a 100 Hz que pode, por exemplo, situar-se no intervalo de 95% a 105% do valor de referência.

5 O fator de amortecimento ou ângulo δ de fase é representativo da relação entre a energia dissipada e a energia conservada e, depois, restituída durante um ciclo de deformação sinusoidal. O ângulo δ de fase pode adoptar um valor baixo, em particular, de 0,1 a, pelo menos, 7,5 Hz. O ângulo δ de fase pode ser inferior a 50° a 0,2 Hz, inferior a 30° a 0,5 Hz, inferior a 15° a 1 Hz, inferior a 10° a 5 Hz e/ou inferior a 6° a 10 Hz. A resistência ao
10 cisalhamento é excelente, portanto, um alto binário sobre resistência de contato, por exemplo, superior a 90% do valor de referência.

As características elásticas são substancialmente mais elevadas, graças à presença de materiais reologicamente resistente na matriz. Os módulos elásticos e de viscosidade são substancialmente independentes da
15 frequência, pelo menos, na faixa seleccionada. Os materiais reologicamente resistente podem compreender, pelo menos, um ácido colofônico e/ou resínico, e/ou, pelo menos, um polímero altamente viscoso, por exemplo, um composto alquila, em particular um poli(metacrilato de alquila), um polibuteno, um poli-isobuteno, um polissiloxano e/ou um elastômero sintetizado, em
20 particular, em uma solução em óleo, por exemplo, um copolímero em bloco de estireno-etileno-butileno-estireno ou um copolímero de etileno-octeno, ou um elastômero natural, por exemplo do tipo de látex ou borracha. A presença simultânea de colofônia esterificada e poli(metacrilato de alquila) forneceu efeitos sinérgicos satisfatórios.

25 A adição de um agente de pigmentação que modifica o atrito é possível, de modo a modificar o atrito de acordo com o pedido Francês 0702634. O pigmento não faz parte da composição da matriz.

O termo "consistência sólida", como aqui utilizado, designa uma consistência (ou estado) que não é líquido, nem gasoso nem pastoso. Mais
30 precisamente, considera-se que uma matriz (ou uma película), neste caso, está em um estado (ou consistência) sólido quando tem um ponto de fusão superior a uma temperatura correspondente àquela a que os constituintes

estão expostos durante armazenamento ou utilização, para impedi-los de captarem poeira da atmosfera devido à sua natureza pegajosa e/ou impedi-los de contaminar superfícies em contato com a matriz (ou película) e/ou impedi-los de poluir o ambiente por migração, drenagem ou extrusão durante o enroscamento/desenroscamento.

Os mecanismos de atrito durante o enroscamento e desenroscamento das ligações tubulares roscadas são complicados pela grande variedade de velocidades de atrito encontradas. As velocidades podem ser relativamente elevadas durante o enroscamento e quase nulas no final do enroscamento (ou fase de aperto) ou no início do desenroscamento (fase de afrouxamento). Além disso, as tensões de Hertz são muito elevadas nos mesmos períodos de atrito, resultando em condições limite.

Deve recordar-se que o termo "tensão (ou pressão) de Hertz" designa a carga que é aplicada por contato sobre uma superfície (e que provoca a deformação elástica da mesma) dividida pela área de superfície. Sob altas tensões de Hertz, os materiais sólidos não plásticos podem ser objecto de cisalhamento interno que reduz a sua vida útil por fadiga do material, enquanto materiais sólidos plásticos são submetidos a este cisalhamento de acordo com as leis de fluxo, com a geração de uma superfície de atrito.

De modo a superar os problemas devidos às tensões cinéticas supracitadas, é vantajoso utilizar uma matriz cujas propriedades sejam de natureza plástica e que permitam um escoamento viscoso sob tensão respondendo, ao mesmo tempo, a todas as situações de velocidade encontradas. Uma matriz formada por vários componentes tem um melhor desempenho na presença de uma grande variedade de cisalhamentos. Na verdade, pode manter outros elementos ativos no lugar e contribuir para a produção de películas de transferência ou efeito pelicular estáveis.

Por exemplo, é possível utilizar uma matriz de estado sólido compreendendo, pelo menos, um polímero termoplástico (ou resina) que se enquadra na categoria de polímeros viscoplásticos, tais como polietileno ou um ligante acrílico. O polietileno é interessante dado que não sofre de problemas de aplicação relacionados com alta viscosidade no estado fundido,

como acontece com outros polímeros viscoplásticos, tais como poliamida 6, poliamida 11 ou polipropileno. Polietilenos vantajosos são os que têm pontos de fusão superiores a 105 °C. No entanto, pode utilizar-se uma matriz com um ponto de fusão no intervalo de 80 °C a 400 °C.

5 Deve lembrar-se que o termo "termoplástico" descreve um polímero fusível que pode ser, reversivelmente, amolecido e, depois, fundido pelo aquecimento a temperaturas T_G e T_F respectivas (temperatura de transição vítrea e temperatura de fusão) e solidificado e, depois, vitrificado por arrefecimento. Os polímeros termoplásticos são transformados sem reação
10 química, ao contrário dos polímeros termoendurecidos. Os polímeros termoendurecidos são utilizados, neste caso, para obter, sob atrito, um escoamento viscoso, mantendo, ao mesmo tempo, uma estrutura sólida seca, estática e estável (não pegajosa ao toque). Por outro lado, em geral, o comportamento dos polímeros termoendurecidos é muito pouco ou nada viscoso sob ten-
15 são.

Deve salientar-se que, quando a matriz tem que ter uma consistência sólida e comportamento mecânico de alta resistência, pode compreender um ligante de tipo termoendurecido, tal como uma resina epóxi, poliuretano, silicone, alquiluretano ou resina formofenólica. Em uma variação des-
20 te tipo de matriz, também é possível utilizar ligantes minerais, tais como silicatos ou quelatos, tais como titanatos ou silicatos orgânicos. Nestes casos, a composição também não é pegajosa ao toque.

A matriz também pode ter uma consistência sólida que não é pegajosa ao toque e tem um comportamento viscoelástico. Neste caso, pode
25 compreender um elastômero ou látex.

Para responder, em condições quasi-estáticas às tensões de lubrificação limite associadas com cargas de atrito muito altas, pelo menos, um lubrificante de tipo sólido pode ser disperso na matriz.

O termo "lubrificante sólido", como aqui utilizado, designa um
30 corpo sólido e estável que, ao estar interposto entre duas superfícies de atrito, permite reduzir o coeficiente de atrito e reduzir o desgaste e danos nas superfícies. Estes corpos podem ser classificados em diferentes categorias

definidas pelo seu mecanismo funcional e pela sua estrutura:

- 5 * classe 1: corpos sólidos que devem as suas propriedades lubrificantes à sua estrutura cristalina, com propriedades de clivagem sob uma baixa força de cisalhamento entre determinados planos cristalinos, por exemplo, nitreto de boro (BN);
- 10 * classe 2: corpos sólidos que devem as suas propriedades lubrificantes à sua estrutura cristalina, como indicado na classe 1, e também a um elemento químico na sua composição que reage com superfícies metálicas, proporcionando uma propriedade suplementar de ligação de superfície que incentiva a formação de uma camada de transferência lubrificante relativamente estável, por exemplo dissulfureto de molibdênio MoS_2 , fluoreto de grafite, sulfuretos de estanho, sulfuretos de bismuto ou dissulfureto de tungstênio;
- 15 * classe 3: corpos sólidos que derivam as suas propriedades lubrificantes da sua reatividade química com superfícies metálicas, o que pode dar origem a compostos cliváveis complexos plásticos ou lubrificantes, por exemplo, determinados compostos químicos de tipo tiosulfato, ou Desilube 88 vendidos pela Desilube Technologies, Incorpora;
- 20 * classe 4: corpos sólidos que derivam as suas propriedades lubrificantes de um comportamento plástico ou viscoplástico sob tensão de atrito, em particular, quando submetidos a cisalhamento, por exemplo, politetrafluoroetileno (PTFE), polietilenos, polipropilenos, poliacetais ou poliamidas.

25 Esta classificação é, por exemplo, descrita nos documentos do curso intitulado "Solid lubricants" dado pelo Sr. Eric Gard na Ecole Nationale Supérieure des Petroles et Moteurs (França).

Além destas classes, existe a categoria particular de fulerenos, classificada como uma subclasse da classe 1 com nomenclatura 1-3.

30 Como é conhecido pelos versados na técnica, os lubrificantes sólidos, em regime de lubrificação a seco e hidrodinâmica, quando dispersos em um material fluido ou viscoplástico, tendem a ligar-se a superfícies de

forma estável, modificando, desse modo, as suas características de atrito. São transferidos e ligados à superfície por ligações químicas ou físico-químicas, o que resulta em uma grande resistência ao desgaste e melhoria de propriedades de atrito. Dependendo da natureza dos sólidos, isto confere às superfícies uma proteção antidesgaste, resistência e propriedades antidesgaste sob pressões extremas geradas por uma tensão elevada de superfície submetida a cargas (tensões de Hertz) e um baixo coeficiente de atrito em um amplo espectro de cargas e de velocidades de atrito. As referidas propriedades para gerar um efeito de película de transferência ou um efeito pelicular são utilizadas para tipos de atrito nos quais as superfícies são submetidas a tensões de forma repetitiva, tais como as produzidas durante o enroscamento e desenroscamento de ligações tubulares roscadas.

A composição pode compreender apenas um lubrificante sólido, tal como só fluoreto de grafite ou só sulfureto de estanho sozinho ou só sulfureto de bismuto.

No entanto, a utilização combinada de, pelo menos, dois lubrificantes sólidos pertencentes a classes diferentes pode produzir efeitos sinérgicos e, assim, o desempenho da lubrificação é muito bom. O termo "efeito sinérgico", como aqui utilizado, designa uma situação em que a combinação de lubrificantes sólidos tendo propriedades de base resulta em desempenhos que são superiores às propriedades de base acumuladas dos referidos lubrificantes sólidos em separado.

Os lubrificantes sólidos preferidos para utilização na invenção compreendem, pelo menos, compostos de classe 2, que têm sido pouco utilizado até agora, tais como fluoretos de grafite ou sulfuretos de estanho ou sulfuretos de bismuto. Diferem dos lubrificantes sólidos tradicionais, tais como grafite (o que pode facilitar o aparecimento de corrosão) ou dissulfureto de molibdênio (que se sabe ser instável, em particular, na presença de humidade e libertar óxido de enxofre, que corrói o aço, ou sulfureto de hidrogênio que pode tornar o aço sensível à fissuração por sulfureto ou SSC), devido à sua maior capacidade de ligação com metais e ao seu melhor desempenho em pressões extremas. Utilizado sinergicamente com lubrificantes

sólidos de outras classes, permitem obter desempenhos notáveis.

Os compostos de classe 2 supracitados podem ser utilizados na forma de partículas com partículas de lubrificante sólido de, pelo menos, uma das classes 1, 3 e 4. Assim, é possível utilizar partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 4 ou partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 1 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2, partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 3 ou partículas de, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 1, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 2 e, pelo menos, um lubrificante sólido de classe 4.

Um aumento substancial do número de ciclos de enroscamento e desenroscamento tem sido observado em condições locais com sistemas combinando classes 1, 2 e 4, quando comparado com um efeito sinérgico de tipo classe 2/classe 4.

Como exemplo, as partículas de lubrificante sólido de classe 1 podem ser partículas de nitreto de boro. Novamente, a título de exemplo, as partículas de lubrificante sólido de classe 2 podem ser partículas de fluoreto de grafite, sulfureto de estanho, sulfureto de tungstênio ou sulfureto de bismuto. As partículas de classe 3 podem ser partículas de Desilube 88 (vendido por Desilube Technologies Inc). Novamente, a título de exemplo, as partículas de lubrificante sólido de classe 4 podem ser partículas de politetrafluoretileno (PTFE) (classe 4). Obtêm-se, particularmente, bons efeitos sinérgicos com as seguintes combinações: fluoreto de grafite (classe 2)/PTFE/nitreto de boro (classe 1), sulfureto de tungstênio (classe 2)/PTFE (classe 4)/nitreto de boro (classe 1) e sulfureto de bismuto (classe 2)/PTFE (classe 4)/nitreto de boro (classe 1).

Como indicado acima, a composição de lubrificação pode compreender, como um complemento para a matriz (ou ligante) e quaisquer partículas de lubrificante(s) sólidos, pelo menos, um aditivo (ou pigmento) de travagem. Cada aditivo (ou pigmento) de travagem é disperso na matriz.

O(s) aditivo(s) (ou pigmentos)) de travagem é(são) escolhido(s)

em função do perfil de binário de enroscamento da ligação tubular roscada de, pelo menos, um dos elementos macho EM macho e fêmea EF transformados que deve cobrir. Mais precisamente, ele(eles) é(são) selecionado(s) para conferir à composição, como um complemento das suas propriedades lubrificantes, um coeficiente de atrito, que é selecionado para permitir a obtenção de um valor de binário CSB sobre resistência de contato, pelo menos, igual a um valor de limiar.

Deve compreender-se que cada aditivo de travagem é selecionado em função das propriedades físicas específicas que conferem à composição uma capacidade de "travar" o movimento aplicado durante o enroscamento em condições lubrificadas em função do perfil de binário de enroscamento da ligação tubular roscada e, assim, do modo de o produzir. Na verdade, dois materiais sob atrito relativo separados por um terceiro corpo interposto (neste caso, a composição de lubrificação) devem as suas propriedades a, pelo menos, dois fatores: o comportamento reológico da matriz e o comportamento de determinados compostos sólidos participantes na composição do referido terceiro corpo. O comportamento reológico do terceiro corpo pode ser hidrodinâmico no caso de um óleo, viscoplástico no caso de determinadas ceras e determinados polímeros ou granular no caso de determinados compostos minerais não-dúcteis ou muito duros.

O comportamento de determinados compostos sólidos participantes na composição do terceiro corpo varia de acordo com determinados parâmetros:

- a concentração do terceiro corpo no meio hidrodinâmico ou viscoplástico;
- a dureza ou resistência ao esmagamento das partículas dos compostos sólidos, que é caracterizada pela dureza Mohs;
- a capacidade de clivagem dos cristais de compostos sólidos com diferentes graus de tensão, que depende, principalmente, da estrutura cristalina;
- as interações de partículas que dependem da forma e da energia de superfície das partículas de compostos sólidos e as capacidades

de ligação entre as partículas referidas (atração entre átomos através de ligações do tipo Van der Waals, uma função da natureza química das partículas); estas interações tendem a opor-se ao movimento;

- o comportamento reológico inverso (ou tixotropia inversa) de determinados aditivos orgânicos com um peso molecular muito elevado que permite opor-se a uma força de cisalhamento e, assim, ao movimento.

É importante observar que as respectivas proporções dos tipos constitutivos da composição de lubrificação dependem, principalmente, do tipo (termoplástico, termoendurecido ou outros) da matriz sólida utilizada. Por exemplo, quando a matriz sólida é de tipo termoplástica, a composição de lubrificação pode compreender uma proporção de matriz no intervalo de, aproximadamente, 75% a aproximadamente 97% e uma proporção de lubrificante(s) sólido(s) no intervalo de, aproximadamente, 3% a aproximadamente 25%.

Além disso, deve compreender-se que as variações nas várias proporções dos três tipos de componentes da composição de lubrificação, em relação uns aos outros, dependem, em particular, do tipo de ligação tubular roscada que esta deva cobrir parcialmente e das tensões a que essa ligação tubular roscada é submetida, em particular, nas condições existentes na instalação.

As respectivas composições por peso dos três tipos de componentes (matriz sólida, lubrificante(s) sólido(s) e aditivo(s) de travagem) de uma composição de lubrificação podem, por exemplo, ser determinadas utilizando simulações teóricas realizadas com software executado em um computador e testes tribológicos realizados utilizando uma máquina que os versados na técnica (um versado em tribologia) conhecem como máquina de Bridgmann. Este tipo de máquina foi descrito, em particular, no artigo de D Kuhlmann-Wilsdorf *et al*, "Plastic flow between Bridgmann anvils under high pressures", *J Mater Res*, vol. 6, nº 12, Dezembro de 1991.

Um exemplo esquemático e funcional de uma máquina de Bridgmann é mostrado na figura 5. Esta máquina compreende:

- um disco DQ que pode ser rodado a velocidades seleciona-

das;

- uma primeira bigorna EC1, de preferência, de tipo cônico, fixa em uma primeira face do disco DQ;

- uma segunda bigorna EC2, de preferência, de tipo cônico, fixa em uma segunda face do disco DQ, oposta à primeira face;

- um primeiro EP1 e segundo EP2 elementos de pressão, tais como pistões, por exemplo, que podem exercer pressões P axiais selecionadas;

- uma terceira bigorna CE3, de preferência, de tipo cilíndrico, fixa a uma face do primeiro elemento EP1 de pressão;

- uma quarta bigorna CE4, de preferência, de tipo cilíndrico, fixa a uma face de um segundo elemento EP2 de pressão.

Para testar uma composição de lubrificação, duas peças de um material idêntico ao que constitui o elemento roscado são cobertas com esta para formar um primeiro S1 e segundo S2 espécimes. Em seguida, o primeiro espécime S1 é interposto entre as faces livre da primeira EC1 e terceira EC3 bigornas e o segundo espécime S2 entre as faces livre da segunda EC2 e quarta EC4 bigornas. Em seguida, o disco DQ é rodado a uma velocidade selecionada ao mesmo tempo que se aplica uma pressão P axial selecionada (por exemplo, da ordem de 1,5 GPa) utilizando cada elemento EP1 e EP2 de pressão e o binário de enroscamento a que cada amostra S1, S2 é submetido é medido.

A pressão axial, a velocidade de rotação e o ângulo de rotação são selecionados no teste Bridgmann para simular a pressão de Hertz e a velocidade relativa das superfícies de encosto no final do enroscamento.

Devido a esta máquina, podem fixar-se vários pares diferentes (binário de enroscamento, velocidade de rotação) para medir o binário de enroscamento correspondente nas amostras S1 e S2 e para verificar se as referidas amostras S1 e S2 seguem, aproximadamente, um perfil de binário de enroscamento determinado e, em particular, se permitem produzir um valor CSB de binário sobre resistência de contato, pelo menos, igual a um valor de limiar selecionado para esse perfil. Deve compreender-se que estes

testes realizados com a máquina de Bridgmann permitem estabelecer uma correlação entre o binário medido para espécimes revestidos com uma composição de lubrificação da invenção e uma percentagem do binário sobre resistência de contato CSB obtido durante operações de enroscamento de elementos roscados revestidos com a mesma composição de lubrificação.

De modo a melhorar determinadas propriedades selecionadas da composição, a sua matriz pode compreender elementos adicionais, tais como os que são mencionados abaixo, a título ilustrativo não exaustivo.

Assim, uma plasticidade melhorada da matriz da composição pode ser obtida pela adição de compostos químicos do tipo sabão metálico, incluindo cálcio, lítio, alumínio, bismuto, sódio, magnésio ou sabões (ou estearatos) de zinco que permitem obter excelentes resultados no que se refere ao número de etapas de enroscamento e desenroscamento em condições de instalação, bem como um melhoramento das propriedades de reagrupamento de resíduos. Deve lembrar-se que o termo "sabão metálico" designa compostos fusíveis, tais como sabões de metais alcali e alcalinoterrosos e sabões de outros metais. Como exemplo, é possível utilizar um sabão metálico, tal como estearato de zinco, que proporciona um efeito sinérgico com determinados inibidores de corrosão.

Como exemplo, para melhorar a lubrificação proporcionada pela composição e, em particular, para otimizar as suas propriedades de bloqueio e reagrupamento de resíduos durante operações de enroscamento/desenroscamento, a sua matriz pode compreender uma gordura natural, tal como uma cera de origem vegetal, animal, mineral ou sintética. Deve lembrar-se que o termo "cera" designa substâncias fusíveis com propriedades lubrificantes de várias origens (minerais, em particular, derivadas da destilação de petróleo, vegetais, animais ou sintéticas) cuja consistência dura ou mais ou menos pastosa e cuja temperatura de fusão e cujo ponto de gota podem variar em larga medida dependendo da sua natureza. Como exemplo, é possível utilizar cera de carnaúba. A matriz pode ter uma maior aderência quando inclui uma resina (mineral, vegetal ou sintética), por exemplo uma resina terpênica ou um derivado de resina terpênica, em parti-

cular, colofônia. A colofônia pode ser esterificada com pentaeritritol. É possível utilizar Dertoline P2L vendida pela empresa "Les Dérivés Résiniques et Terpéniques".

5 Deve salientar-se que, em função das quantidades necessárias de inibidores de corrosão, pode observar-se degradação das propriedades de aprisionamento ou reagrupamento de resíduos. Para superar esta desvantagem, é possível utilizar polímeros muito viscosos, tais como poli(metacrilatos de alquila) (PAMA), polibutenos, poli-isobutenos ou polissiloxanos. Assim, podem obter-se excelentes resultados para o reagrupamento
10 de resíduos com um PAMA com uma viscosidade cinemática de $850 \text{ mm}^2/\text{s}$ a $100 \text{ }^\circ\text{C}$, vendido por ROHMAX sob o nome comercial de VISCOPLEX 6-950.

Como exemplo, para melhorar a proteção da superfície que a composição deve cobrir contra diferentes modos de corrosão, a sua matriz
15 pode compreender um inibidor de corrosão. Deve lembrar-se que o termo "inibidor de corrosão" designa um aditivo que confere a um material sólido ou líquido aplicado a uma superfície a capacidade de a proteger por um mecanismo químico, electroquímico ou físico-químico.

A resistência à corrosão também pode ser melhorada, combinando o inibidor de corrosão seleccionado com compostos que bloqueiam a
20 corrosão por meio de outros mecanismos. Como indicado acima, o estearato de zinco, em particular, apresenta propriedades sinérgicas com inibidores de corrosão, contribuindo, ao mesmo tempo e em grande medida, para o comportamento lubrificante da matriz.

25 O principal teste de proteção anticorrosão é o ensaio de névoa salina efetuado de acordo com a norma ISO 9227 e determinado pelo índice Re de acordo com a norma ISO EN 2846-3 em uma chapa tratada por fosfatação ao manganês (depósito de 8 a 20 g/m^2 de fosfato). Os desempenhos no ensaio de névoa salina efetuado de acordo com as normas (aumento de
30 20% no tempo de aparecimento de corrosão) podem ser melhorados através da inserção de partículas de óxido de zinco de dimensões nanométricas (200 nm em média) aplicadas como uma simples dispersão em água.

Como exemplo, para permitir que a composição bloqueie, de forma estável, zonas que são criadas por rugosidade de superfície e bloqueie o processo de deterioração de superfície e da sua propagação, ao mesmo tempo que cria uma estrutura clivável contínua na superfície, a composição pode incluir moléculas de, pelo menos, um fulereno de geometria esférica. Deve lembrar-se que o termo "fulerenos" designa materiais moleculares tendo uma estrutura em forma de tubos fechados ou abertos ou esferas fechadas, como uma monocamada ou em várias camadas. Os fulerenos esféricos têm dimensões de algumas dezenas de nm como uma monocamada e mais de 100 nm como uma multicamada. Deve salientar-se que, devido ao seu tamanho e capacidade interativa, os fulerenos podem ter um efeito determinante sobre a reologia do meio através da introdução de um fenômeno adicional de resistência viscosa ao movimento.

Como exemplo, para permitir uma identificação visual das superfícies tratadas, a matriz da composição pode incluir, pelo menos, um corante. Pode ser utilizado qualquer tipo de corante orgânico que seja conhecido, desde que a sua quantidade não degrade os desempenhos de atrito. Como exemplo, os corantes podem ser utilizados em quantidades de, aproximadamente, 1%.

Como exemplo, para preservar o revestimento da degradação por oxidação devido, por exemplo, a calor ou exposição a radiação UV, a matriz da composição, opcionalmente, pode compreender, pelo menos, um antioxidante. Deve recordar-se que compostos polifenólicos, derivados de naftilamina e fosfitos orgânicos constituem as principais famílias de antioxidantes.

O silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio vendido sob a marca Halox® SZP391 proporcionou resultados satisfatórios como inibidor de corrosão.

A miscibilidade dos elementos da composição pode ser intensificada com um cossolvente permitindo a sua homogeneização. Pode utilizar-se um copolímero com grupos funcionais acrílico, por exemplo, o vendido sob a marca Disperplast® 1018.

Opcionalmente, a composição pode compreender uma composição de polietileno/politetrafluoroetileno com o objetivo de tornar a formulação hidrofóbica e hidrófuga, por exemplo, a vendida sob a marca Polyfluor® 400XF.

5 A preparação de superfície das partes a lubrificar dos elementos roscados macho EM e fêmea EF pode ser vantajosa. Na verdade, testes de enroscamento e desenroscamento demonstraram que, para obter uma película de transferência adequada, é preferível modificar a superfície a ser re-

10 vestida para a tornar apta a adsorver ou absorver a composição de lubrificação, quer através de um tratamento mecânico, tal como decapagem a jato de areia ou granalhagem, ou por modificações físicas ou químicas das superfícies por meio de um tratamento reativo ou não reativo, com base em depósitos minerais cristalizados em superfície, ataque químico, por exemplo por um ácido, tratamento de fosfatação ao zinco ou manganês ou oxalata-

15 ção, o que dá origem a uma conversão química na superfície. De entre estes tratamentos de superfície, prefere-se a fosfatação porque possibilita produzir uma superfície com a aderência correcta, resultando no estabelecimento de uma película de transferência forte e muito estável que é resistente ao atrito, bem como uma proteção anticorrosão básica.

20 Também pode ser desejável realizar uma preparação de superfície complementar que consiste, em particular, na impregnação dos poros da superfície com nanomateriais que têm dimensões que lhes permitem ser inseridos nos poros. O objetivo da referida impregnação é bloquear e saturar as zonas criadas pelos poros com um material com uma ação de passivação

25 protegendo a superfície contra corrosão e mantendo, ao mesmo tempo, uma boa aderência para o revestimento.

Ir-se-á, agora, apresentar dois exemplos não limitativos da composição. Esses exemplos estão bem adaptados às ligações tubulares roscadas de tipo VAM TOP HC com um diâmetro nominal de 177,8 mm (7 polegadas) e com um peso por unidade de comprimento de 43,15 kg/m (29 lb/pés) em aço fracamente ligado (classe L 80) utilizando a nota técnica publicada pela divisão OCTG da Vallourec e Mannesmann Tubes. O elemento

30

roscado macho foi, por exemplo, submetido a uma fosfatação com zinco (peso da camada no intervalo de 4 a 20 g/m²) antes da aplicação do revestimento (composição) e a camada roscada fêmea foi submetida a uma fosfatação com manganês (peso da camada no intervalo de 8 a 20 g/m²). Os elementos roscados macho EM e fêmea EF são previamente aquecidos a 130 °C, m seguida, uma camada com uma espessura de 35 µm de uma composição de lubrificação, que é mantida fundida a 150 °C, é aplicada aos mesmos por meio de pulverização a quente; a composição tem a seguinte composição em peso:

- 10 • cera de polietileno vendida pela CLARIANT sob o nome comercial LICO CERA ® PE 520: 15%;
- colofônia esterificada com pentaeritritol, em particular, a vendida por LES DERIVES RESINIQUES ET TERPENIQUES (DRT) sob o nome comercial de DERTOLINE®P2L: 15%;
- 15 • cera de carnaúba vendida sob o nome comercial LANCO® 1955SF: 5%;
- estearato de zinco vendido sob o nome comercial LIGAS-TAB® ZN70: 25%;
- PAMA vendido por ROHMAX sob o nome comercial VISCO-20 PLEX® 6-950: 8%;
- silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio vendido sob o nome comercial Halox® SZP391: 20%;
- fluoreto de grafite: 5%;
- nitreto de boro: 2%;
- 25 • dissulfureto de tungstênio: 5%;
- copolímero com grupos funcionais vendido sob o nome comercial Disperplast® 1018: 5%.

Neste exemplo, a matriz é de tipo viscoelástico; os lubrificantes sólidos são compostos por dissulfureto de tungstênio e fluoreto de grafite.

- 30 Em uma variação, a composição compreende 10% a 25% em peso, de preferência, 10% a 20%, de uma resina éster de colofônia.

A composição pode ser a seguinte:

- cera de polietileno: 10%;
- composto de polietileno/politetrafluoroetileno vendido sob o nome comercial Polyfluo® 400XF: 5%;
- colofônia esterificada com pentaeritritol: 15%;
- 5 • cera de carnaúba: 7%;
- estearato de zinco: 25%;
- PAMA: 8%;
- silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio: 15%;
- fluoreto de grafite: 7%;
- 10 • politetrafluoroetileno vendidos sob o nome comercial Algoron® L203: 2%;
- nitreto de boro: 1%;
- copolímero com grupos funcionais vendidos sob o nome comercial Disperplast® 1018: 5%.
- 15 Em uma variação, as percentagens em peso estão entre as dos dois exemplos supracitados.
- Em uma variação, é possível, por exemplo, aplicar, por pulverização a quente sobre elementos roscados macho EM e fêmea EF previamente aquecidos a 130 °C, uma camada de espessura 35 µm de uma
- 20 posição de lubrificação que é mantida fundida a 150 °C com a seguinte composição em peso:
- cera de polietileno: 12%;
- compósito de polietileno/politetrafluoroetileno vendido sob o nome comercial Polyfluo® 400XF: 3%;
- 25 • colofônia esterificada com pentaeritritol: 15%;
- cera de carnaúba: 7%;
- estearato de zinco: 25%;
- PAMA: 8%;
- silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio: 18%;
- 30 • fluoreto de grafite: 6%;
- dissulfureto de tungstênio: 2%;
- copolímero com grupos funcionais vendido sob o nome co-

mercial Disperplast® 1018: 4%.

Nesta variação, a matriz também é de tipo viscoelástico.

Em uma variação, a composição por peso é a seguinte:

- 5
 - cera de polietileno: 17%;
 - composto de polietileno/politetrafluoroetileno vendido sob o nome comercial Polyfluo® 400XF: 1%;
 - colofônia esterificada com pentaeritritol: 20%;
- 10
 - cera de carnaúba: 5%;
 - estearato de zinco: 19%;
 - PAMA: 10%;
 - silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio: 12%;
 - fluoreto de grafite: 5%;
- 15
 - politetrafluoroetileno: 1%;
 - nitreto de boro: 2%;
 - dissulfureto de tungstênio: 3%;
 - copolímero com grupos funcionais vendido sob o nome comercial Disperplast® 1018: 5%.

20 O copolímero com grupos funcionais atua como um agente de acoplamento.

Em uma variação, a percentagem por peso de cada um dos seguintes componentes pode ser inferior a 0,1%, de preferência, inferior a 0,01%: sulfonato e carboxilato de cálcio, óxido de zinco, dióxido de titânio, trióxido de bismuto, politetrafluoroetileno, silicone, difenilamina alquilada, fosfito de tris (2,4-di-terc-butilfenila).

A referida técnica de pulverização no estado fundido consiste em manter a composição de lubrificação a uma temperatura elevada na fase líquida e efetuar a pulverização utilizando jatos de spray com temperatura controlada. A composição de lubrificação é aquecida até entre 10 °C e 50 °C acima do seu ponto de fusão e pulverizada sobre uma superfície preaquecida até uma temperatura que é mais elevada que o ponto de fusão para ga-

rantir que a superfície é adequadamente coberta.

Em vez de utilizar esta técnica de pulverização no estado fundido é possível, por exemplo, pulverizar a composição de lubrificação sob a forma de uma emulsão aquosa. A emulsão e o substrato podem estar à temperatura ambiente, e, portanto, é necessário um período de secagem. Este período de secagem pode ser consideravelmente reduzido por preaquecimento da composição de lubrificação até entre 60 °C e 80 °C e/ou a superfície até entre 50 °C e 150 °C.

A invenção não está limitada aos exemplos de composição de lubrificação e aos exemplos do elemento roscado (macho ou fêmea) descrito acima, dados apenas a título de exemplo, mas também abrange toda e qualquer variação que os versados na técnica possam conceber e enquadrados no âmbito das reivindicações anexas.

Assim, a invenção também se refere a outros tipos de elemento roscado diferentes do descrito acima (VAM TOP). Como exemplo, também se refere aos elementos roscados de ligações roscadas tubulares com uma zona de encosto interna, acoplados (por exemplo, os de tipo NEW VAM, VAM ACE, DINOVAM, VAM HW ST) ou integrais de tipo nivelado ou semi-nivelado (por exemplo, os de tipo VAM SL, VAM MUST, VAM HP, VAM HTF).

A invenção também se pode referir a elementos de ligações roscadas para colunas ou outros componentes de perfuração rotativos definidos pela especificação API 7 ou por especificações mais severas de alguns produtores (tais como, a título de exemplo não limitativo, as ligações roscadas de alta qualidade VAM EIS, VAM TAURUS, TORQMASTER TM4 e derivados e evoluções destas ligações).

Além disso, anteriormente, descreveu-se, principalmente, uma composição de lubrificação compreendendo um ou mais lubrificante(s) sólido(s) e uma matriz com uma consistência sólida compreendendo, pelo menos, um material reologicamente resistente. No entanto, a invenção também se refere a composições de lubrificação semisseca compreendendo uma matriz pastosa, pelo menos, um aditivo de extrema pressão com uma ação química e um ou mais aditivos de travagem.

REIVINDICAÇÕES

1. Composição de lubrificação de formação de filme para o enroscamento de ligações roscadas, destinada a cobrir pelo menos uma rosca (FE, FI) e uma zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento de um elemento (EM, EF) roscado de um componente (T2, T1) de uma ligação (JF) tubular roscada com uma película de estado sólido que adere à rosca (FE, FI) e à referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento, estando a referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento destinada a assentar em outra zona (BVF, BVM) de encosto de outro componente (T1, T2) da referida ligação (JF) tubular roscada durante a fase terminal de enroscamento e compreendendo a referida composição de lubrificação uma matriz, caracterizada pelo fato da matriz compreender ainda, pelo menos, um material reologicamente resistente selecionado de modo a conferir à referida composição, como um complemento da lubrificação, um valor de binário sobre resistência de contato que é, pelo menos, igual a um valor de limiar, tendo a referida matriz uma consistência sólida, não sendo pegajosa ao toque.

2. Composição de lubrificação de acordo com a reivindicação 1, em que o(s) referido(s) material(is) reologicamente resistente(s) é(são) configurado(s) para permitir a obtenção de um valor de binário sobre resistência de contato que seja, pelo menos, igual a um valor de limiar igual a 95%, de preferência 100% e de um valor de referência de binário sobre resistência de contato para uma massa de tipo API RP 5A3 obtido para a referida ligação (JF) tubular roscada.

3. Composição de lubrificação de acordo com a reivindicação 1 ou 2, compreendendo 10% a 25% de material reologicamente resistente em uma composição por peso.

4. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, em que o material reologicamente resistente compreende 1% a 99% de resina terpênica à base de alfa pineno, ácido colofônico e ácido resínico esterificado com pentaeritritol, ácido colofônico e ácido resínico hidrogenado e esterificado com glicerina e/ou colofônia polimerizada, em uma composição por peso.

5. Composição de lubrificação de acordo com a reivindicação 4, em que o material reologicamente resistente compreende 1 a 99% de ácido colofônico e ácido resínico esterificado com pentaeritritol, em uma composição por peso.

5 6. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, compreendendo 10% a 20% da cera de polietileno, 0 a 5% de composto de polietileno/poli(tetrafluoroetileno), 10% a 25% de colofônia esterificada, de preferência, 10% a 20%, 0 a 20% de cera de carnaúba, de preferência, 4% a 12%, 20% a 30% de estearato de zinco, de preferência, 20%
10 a 26%, 15% a 25% de silicato ortofosfato de zinco cálcio estrôncio, de preferência, 18% a 22%, 4% a 12% de fluoreto de grafite, de preferência 4,5% a 7%, 0 a 4% de politetrafluoroetileno, 1% a 3% de nitreto de boro, 2% a 8% de dissulfureto de tungstênio, de preferência 3% a 6% e 2% a 8% de agente de acoplamento, em uma composição por peso.

15 7. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, compreendendo, pelo menos, um aditivo de travagem constituído por dispersões de partículas minerais ou orgânicas que têm um valor relativamente elevado para a força de clivagem e/ou interações fortes entre partículas ou ligações atraentes entre partículas e/ou uma dureza Mohs elevada e/ou um comportamento reológico que é resistente ou se opõe ao movimento, sendo cada aditivo de travagem selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, óxido de bismuto, óxido de titânio, sílica coloidal e negro de fumo.

25 8. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, compreendendo partículas de lubrificante(s) sólido(s) dispersas na matriz; a(s) referida(s) partícula(s) de lubrificante sólido compreende(m) partículas de lubrificantes de, pelo menos, uma das classes 1, 2, 3 e 4.

30 9. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 8, em que a referida matriz compreende, pelo menos, um ligante com um comportamento viscoelástico.

10. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindi-

cações 1 a 9, em que a referida matriz compreende, pelo menos, um sabão metálico.

11. Composição de lubrificação de acordo com a reivindicação 10, em que o sabão é selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, estearato de zinco, estearato de cálcio, estearato de lítio, estearato de alumínio e estearato de bismuto.

12. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 11, em que a referida matriz compreende, pelo menos, uma cera de origem vegetal, animal, mineral ou sintética.

13. Composição de lubrificação de acordo com uma das reivindicações 1 a 12, em que a referida matriz compreende, pelo menos, um polímero líquido com uma viscosidade cinemática a 100°C de, pelo menos, 850 mm²/s.

14. Composição de lubrificação de acordo com a reivindicação 13, em que o referido polímero líquido é selecionado do grupo compreendendo, pelo menos, um poli(metacrilato de alquila), um polibuteno, um poliisobuteno, um polidialquilsiloxano e um polissiloxano.

15. Elemento (EM, EF) roscado de um componente (T2, T1) de uma ligação (JF) tubular roscada, compreendendo o referido elemento (EM, EF) roscado, pelo menos, uma rosca (FE, FI) e uma zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento contra a qual outra zona (BVF, BVM) de encosto de outro componente (T1, T2) da referida ligação (JF) tubular roscada se deve apoiar no final da operação de enroscamento, caracterizado pelo fato de que, pelo menos a referida rosca (FE, FI) e referida zona (BVM, BVF) de enroscamento serem revestidas com uma camada fina que adere à superfície da rosca (FE, FI) e da zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento e constituída por uma composição de lubrificação como definida em uma das reivindicações anteriores.

16. Elemento roscado de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo fato de ser, pelo menos parcialmente, coberto com uma composição de lubrificação com uma espessura no intervalo de 10 µm a 50 µm.

17. Elemento roscado de acordo com a reivindicação 15 ou 16,

caracterizado pelo fato de também compreender uma superfície (SEM, SEF) de vedação destinada a entrar em contato vedado estanque com uma superfície (SEF, SEM) de vedação correspondente de outro elemento (EF, EM) roscado após a referida operação de enroscamento e coberto com a referida composição de lubrificação.

18. Elemento roscado de acordo com uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelo fato das superfícies serem pré-revestidas com um revestimento ou película com a função de proteger contra corrosão.

19. Ligação tubular roscada compreendendo um elemento roscado macho e um elemento roscado fêmea, caracterizada pelo fato de, pelo menos, um dos referidos elementos roscados estar como definido em uma das reivindicações 15 a 18.

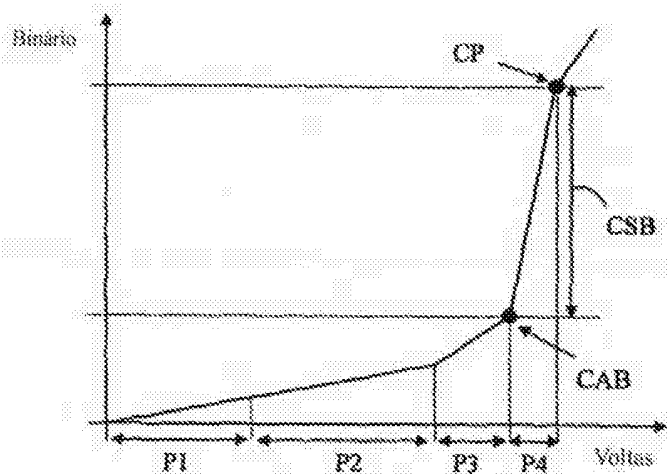


FIG.1

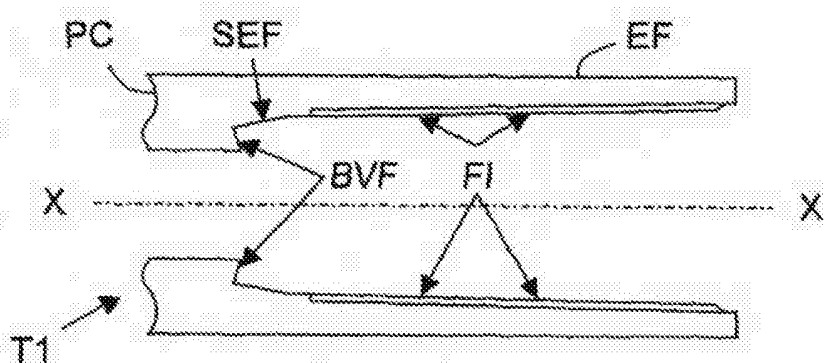


FIG.2

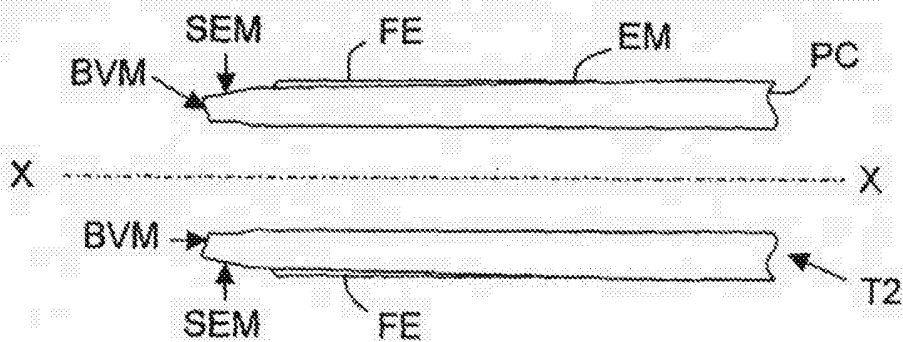


FIG.3

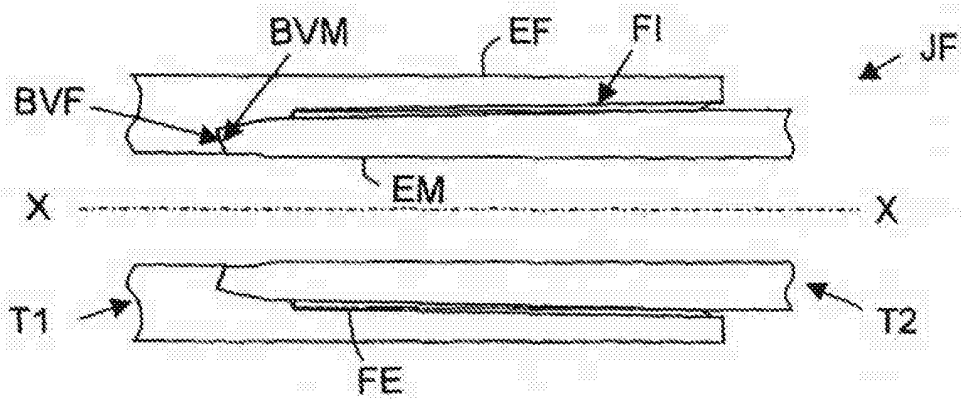


FIG. 4

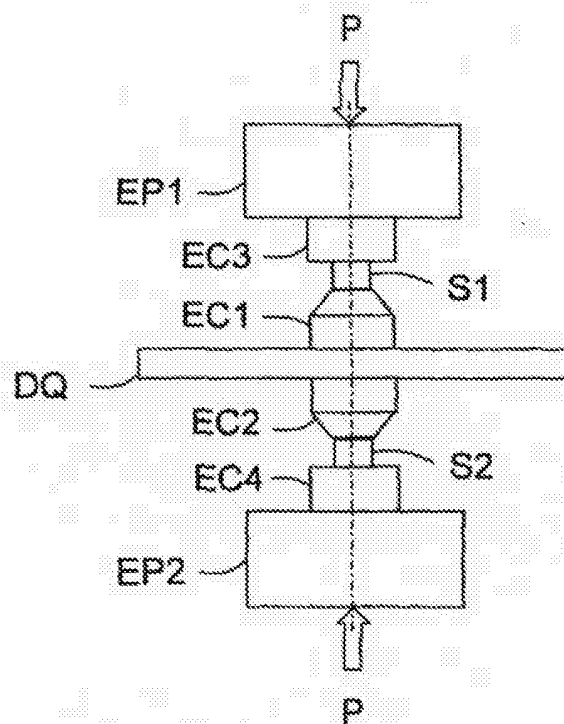


FIG. 5

RESUMO

Patente de Invenção: "COMPOSIÇÃO DE LUBRIFICAÇÃO COM UM COEFICIENTE DE ATRITO ADAPTÁVEL PARA UM ELEMENTO ROSCADO DE UM COMPONENTE DE LIGAÇÃO TUBULAR ROSCADA".

5 A presente invenção refere-se a uma composição de lubrificação de formação de filme para o enroscamento de ligações roscadas, destinada a cobrir, pelo menos, uma rosca (FE, FI) e uma zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento de um elemento (EM, EF) roscado de um componente (T2, T1) de uma ligação (JF) tubular roscada com uma película de estado sólido
10 que adere à rosca (FE, FI) e à referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento, estando a referida zona (BVM, BVF) de encosto de enroscamento destinada a assentar em outra zona (BVF, BVM) de encosto de outro componente (T1, T2) da referida ligação (JF) tubular roscada durante a fase terminal de enroscamento e compreendendo a referida composição de lubri-
15 ficação uma matriz. A matriz compreende ainda, pelo menos, um material reologicamente resistente selecionado de modo a conferir à referida composição, como um complemento da lubrificação, um binário de contato de escoramento que é, pelo menos, igual a um valor de limiar.