

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 628**

51 Int. Cl.:

**C10M 169/04** (2006.01)  
**C10M 105/34** (2006.01)  
**C10N 10/02** (2006.01)  
**C10N 10/04** (2006.01)  
**C10N 10/06** (2006.01)  
**C10N 10/10** (2006.01)  
**C10N 10/12** (2006.01)  
**C10N 20/02** (2006.01)  
**C10N 30/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2009 PCT/EP2009/007100**  
 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.04.2010 WO10043316**  
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2009 E 09778818 (6)**  
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016 EP 2342314**

54 Título: **Composición lubricante para un elemento roscado de un componente de conexión tubular roscada**

30 Prioridad:

**15.10.2008 FR 0805714**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.12.2016**

73 Titular/es:

**VALLOUREC OIL AND GAS FRANCE (50.0%)**  
**54 rue Anatole France**  
**59620 Aulnoye-Aymeries, FR y**  
**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL**  
**CORPORATION (50.0%)**

72 Inventor/es:

**PINEL, ELIETTE;**  
**GARD, ERIC y**  
**GOTO, KUNIO**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 593 628 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Composición lubricante para un elemento roscado de un componente de conexión tubular roscada

La invención se refiere a componentes de conexiones tubulares roscadas, por ejemplo, en aplicaciones de aceites y, más precisamente, a la lubricación de parte(s) de el (o los) elemento(s) roscado(s) de componentes de conexiones tubulares roscadas que comprenden un soporte estructural.

El término "componente" como se usa en la presente memoria descriptiva significa cualquier elemento o accesorio destinado a ser conectado mediante roscado a otro componente para constituir una conexión tubular roscada con ese otro componente. El componente puede ser, por ejemplo, un tubo de longitud relativamente grande (en particular de aproximadamente diez metros de longitud), un acoplamiento tubular de unas pocas decenas de centímetros de largo, un accesorio para estos tubos (un gancho, un pasadizo, una válvula de seguridad, una herramienta y similares).

Este componente puede ser usado, por ejemplo, en la perforación o funcionamiento de un pozo. En este caso, los componentes son conjuntamente ensamblados con el fin de ser arrojados en los pozos de hidrocarburos o similares y constituir una barra de perforación, una tubería de envoltura o una tubería de recubrimiento o incluso una sarta de tubos (tuberías en funcionamiento).

Los elementos roscados producidos al final de un componente (tubo o acoplamiento) deben estar protegidos ante todo contra la corrosión durante el transporte y almacenamiento en el sitio de perforación y, para estos fines, normalmente están revestidos con una grasa o aceite protector cuando salen del centro de producción.

En el pozo, puede ser necesario que experimenten un cierto número de operaciones estructurales y rotura. Una operación estructural se define como un perfil (o curva) que expresa el par estructural (o de apriete) como una función del número de vueltas dadas. Un ejemplo de un perfil de par estructural correspondiente a una conexión roscada superior con roscas afiladas se muestra en forma de diagrama en la Figura 1. Como se puede observar, un perfil de par estructural generalmente se puede descomponer en cuatro partes: una primera parte P1 durante la cual las roscas externas del elemento roscado macho (o pivote) de un primer componente de una conexión tubular roscada no interfiere todavía radialmente con las roscas internas del correspondiente elemento roscado hembra (o receptor) de un segundo componente para la misma conexión tubular roscada; una segunda parte P2 durante la cual la interferencia geométrica de las roscas de los elementos roscados macho y hembra genera un apriete radial (interferencia) que aumenta a medida que continúa la estructuración (generando un par estructural pequeño pero creciente); una tercera parte P3 durante la cual una superficie sellante en la periferia externa de la parte del extremo del elemento roscado macho interfiere radialmente con una correspondiente superficie sellante del elemento roscado hembra para producir un sellado de metal/metal; una cuarta parte P4 durante la cual la superficie del extremo frontal del elemento roscado macho está en sujeción axial con la superficie anular de una sujeción estructural del elemento roscado hembra. La cuarta parte P4 corresponde a la fase terminal de la estructura.

El par estructural CAB que corresponde al extremo de la tercera parte P3 y el comienzo de la cuarta parte P4 se denomina el par de soporte. El par estructural CP que corresponde al extremo de la cuarta parte P4 se denomina par de plastificación. Más de allá de este par de plastificación CP se supone que el soporte estructural macho (parte extrema del elemento roscado macho) y/o el soporte estructural hembra (zona ubicada por detrás de la superficie del soporte anular del elemento roscado hembra) experimenta una deformación plástica, que puede degradar el rendimiento de sellado por contacto de las superficies de sellado. La diferencia entre estos valores del par de plastificación CP y el par de soporte CAB se denomina el par sobre la resistencia estructural CSB de forma que  $(CSB = CP - CAB)$ .

Una conexión tubular roscada es sometida a un apriete optimizado en el extremo de la estructura, que es la medida de la resistencia mecánica optimizada del conjunto roscado, por ejemplo, con respecto a las resistencias a la tracción, pero también con respecto a la rotura accidental en servicio y un rendimiento de sellado optimizado. El diseñador de la conexión roscada por tanto debe definir, para un tipo dado de conexión roscada, el valor del par estructural optimizado que, para todos los conjuntos de ese tipo de conexión, debe ser menor que el par de plastificación CP (para evitar la plastificación de los soportes y las consiguientes desventajas) y mayor que el par de soporte CAB. La terminación estructural a un par por debajo del CAB no garantiza una posición relativa correcta para los elementos machos y hembras y, por tanto, un apriete apropiado para sus superficies de sellado. El valor eficaz de un par de soporte CAB fluctúa grandemente de un conjunto respecto a otro para el mismo tipo de conexión y depende de los diámetros eficaces de las roscas y la(s) superficie(s) de sellado hembra y el par estructural optimizado debe ser sustancialmente mayor que el par de soporte CAB. Como consecuencia, cuanto mayor sea el valor del par sobre la resistencia estructural CSB, mayor será el margen para definir el par estructural optimizado y más fuerte será la conexión roscada con respecto a las tensiones de funcionamiento.

Para proteger las partes sensibles como las roscas contra el desgaste durante las operaciones estructurales y de rotura, las roscas normalmente están exentas de grasa protectora y revestidas con una grasa estructural especial como grasa API RP 5A3 (anteriormente API Bull.5A2). El uso de esta grasa con contenido de metales pesados y/o tóxicos puede conducir, además de la desventaja de tener que llevar a cabo un segundo revestimiento en la

cabecera del pozo, adolece de la desventaja de provocar la contaminación del pozo y el medioambiente y la grasa en exceso es expulsada desde los roscados durante la estructuración.

Se han propuesto otros tipos de protección.

5 Por tanto, se ha propuesto la sustitución de los dos revestimientos sucesivos de grasa por un único revestimiento, revestimiento que se lleva a cabo en el centro de producción de los elementos roscados, de una capa fina de lubricante con una consistencia pastosa o cerosa denominada semi-seca que comprende al menos un aditivo para presiones extremas con una acción química. Esa capa fina constituye un cubrimiento semi-seco que adolece de la desventaja de requerir una protección mecánica contra la contaminación por partículas de polvo o arena durante el transporte y almacenamiento.

10 Otras propuestas son sustituir la grasa con diversos revestimientos protectores en estado sólido aplicados en el centro de producción de los elementos roscados y que comprenden una matriz sólida que se adhiere al sustrato en el que están dispersadas las partículas de lubricante(s) sólido(s); más particularmente, se puede citar el disulfuro de molibdeno MoS<sub>2</sub>.

15 El documento WO 2006/104251 describe una conexión estructural que comprende una capa viscosa lubricante cubierta con una película seca sólida. La película no es lubricante. La capa lubricante no está en estado sólido.

La solicitud de patente francesa FR2914926, no publicada en la fecha de presentación, se refiere a una composición lubricante que comprende un aditivo de frenada dispersado en una matriz y seleccionado para proporcionar a la composición, como un complemento a la lubricación, un coeficiente de rozamiento que se selecciona para obtener un par sobre la resistencia estructural al menos igual a un valor umbral.

20 La solicitud de patente francesa FR2892174 se refiere a una composición lubricante que comprende partículas lubricantes sólidas.

25 Por tanto, la invención se dirige a mejorar la situación y, más precisamente, a ofrecer una composición (o revestimiento) lubricante con un coeficiente de rozamiento que se selecciona con el fin de obtener un valor seleccionado para el par de la resistencia estructural definida a partir de la obtenida para la misma conexión roscada con elementos roscados revestidos con grasa estándar API RP 5A3, para permitir un valor optimizado del par estructural estándar (valor estándar determinado con grasa API RP 5A3) que va a ser usado. Esto puede evitar la reducción del valor del par estructural optimizado para este tipo de conexión y para la grasa de referencia API y, en casos extremos, puede evitar el que no haya posibilidad de garantizar por más tiempo el funcionamiento del soporte.

30 Con esta finalidad, la invención proporciona una composición lubricante formadora de película para la estructuración de conexiones roscadas, destinada a cubrir al menos un roscado y un soporte estructural de un elemento roscado de un componente de una conexión tubular roscada con una película que se adhiere al roscado y el elemento estructural subyacente, estando destinado dicho soporte estructural a soportar otro soporte para otro componente de dicha conexión tubular roscada durante la fase estructural terminal, y comprendiendo dicha composición lubricante una matriz. La matriz comprende al menos un material reo-resistente seleccionado con el fin de conferir a dicha  
35 composición, como un complemento a la lubricación, un par sobre el valor de la resistencia estructural que es al menos igual a un valor umbral, en el cual:

- dicho(s) material(es) resistente(s) está(n) dispuesto(s) para permitir un par sobre el valor de la resistencia estructural que va a ser obtenida que es al menos igual a un valor umbral igual a un 90% de un par de referencia sobre el valor de la resistencia estructural para una grasa de tipo API RP 5A3;
- 40 • el material reo-resistente incluye de 1% a 99% de resina de terpeno basada en alfa-pineno, ácido rosínico y ácido rosínico esterificados con pentaeritritol, ácido rosínico y ácido rosínico hidrogenado y esterificados con glicerina y/o colofonia polimerizada, en forma de una composición en peso;
- la composición comprende 10% a 25% de material reo-resistente, en forma de una composición en peso;

45 comprendiendo dicha composición lubricante de 10% a 20% de cera de polietileno, de 0% a 5% de material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno, de 10% a 25% de colofonia esterificada, de 0% a 20% de cera de carnauba, de 20% a 30% de estearato de zinc, de 15% a 25% de ortofosfato-silicato de zinc-calcio-estroncio, de 4% a 12% de fluoruro de grafito, de 0% a 4% de politetrafluoroetileno, de 1% a 3% de nitrato de boro, de 2% a 8% de disulfuro de wolframio y de 2% a 8% de un agente de acoplamiento en forma de una composición en peso.

50 Dicho de otro modo, la invención propone una composición lubricante para la preparación de conexiones roscadas en la que el efecto elástico puede ser seleccionado como una función de las tensiones de Hertz a la que el elemento roscado, que debe cubrir parcialmente, debe estar sujeto al final de las operaciones de hermeticidad. El efecto elástico se puede seleccionar como una función de la velocidad de rozamiento.

Dependiendo de las restricciones de la aplicación que se considere, la composición puede estar en la forma global y, más particularmente, en una forma sólida para ser pulverizada en estado fundido, o diluida en la forma de una

## ES 2 593 628 T3

dispersión o una emulsión en un compuesto orgánico o en agua.

La composición del lubricante de rodaje para conexiones roscadas se puede dividir en un cierto número de variantes, de las que al menos algunas son características que pueden ser combinadas, en particular:

- 5 • dicho(s) material(es) reo-resistente(s) está(n) dispuesto(s) para permitir un par sobre el valor de la resistencia estructural que va a ser obtenida que es al menos igual a un valor umbral igual a 95%, preferentemente 100%, más preferentemente 120% de un par de referencia sobre el valor de la resistencia estructural para una grasa de tipo API RP 5A3 obtenida para dicha conexión tubular roscada (JF);
- el material reo-resistente comprende de 1% a 99% de ácido rosínico y ácido resínico esterificados con pentaeritritol, en forma de una composición en peso;
- 10 • el material reo-resistente comprende de 1% a 10% de poli(metacrilato de alquilo) en forma de una composición en peso;
- la composición comprende de 5% a 20% de cera de polietileno;
- la composición comprende de 0% a 5% de material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno;
- la composición comprende de 10% a 25% de colofonia esterificada, preferentemente de 10% a 20%;
- 15 • la composición comprende de 0% a 20% de cera de carnauba, preferentemente de 4% a 12%;
- la composición comprende de 10% a 35% de estearato de zinc, preferentemente de 20% a 26%;
- la composición comprende de 10% a 40% de ortofosfato-silicato de zinc-calcio-estroncio, preferentemente de 18% a 22%;
- la composición comprende de 1% a 12% de fluoruro de grafito, preferentemente de 4,5% a 7%;
- 20 • la composición comprende de 0% a 4% de politetrafluoroetileno;
- la composición comprende de 1% a 3% de nitruro de boro;
- la composición comprende de 2% a 8% de disulfuro de wolframio, preferentemente de 3% a 6%;
- la composición comprende de 2% a 8% de un agente de acoplamiento, en forma de una composición en peso;
- 25 • la composición comprende al menos un aditivo de frenada constituido por dispersiones de partículas minerales u orgánicas que tienen un valor relativamente elevado para las interacciones de carga y/o resistencia a la escisión o enlaces atractivos entre partículas y/o una dureza de Mohs de media a elevada y/o un comportamiento reológico que es resistente o se opone al movimiento, siendo seleccionado cada aditivo de frenada entre el grupo que comprende al menos óxido de bismuto, óxido de titanio, sílice coloidal y negro de carbono;
- la composición comprende partículas de lubricante(s) sólido(s) dispersadas en la matriz;
- 30 • dicha(s) partícula(s) de lubricante sólido comprende partículas de lubricantes de al menos una de las clases 1, 2, 3 y 4;
- las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 1;
- 35 • las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 4;
- las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 1, al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 4;
- 40 • las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 2 seleccionado entre fluoruro de grafito, sulfuros de estaño, sulfuros de bismuto, fluoruros de calcio y disulfuro de wolframio;
- las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden al menos partículas de politetrafluoroetileno en forma de un lubricante sólido de la clase 4;
- las partículas de lubricante(s) sólido(s) comprenden al menos moléculas de al menos un fullereno con una geometría esférica o tubular;
- 45 • dicha matriz tiene una consistencia sólida, que no es pegajosa al tacto y comprende al menos un aglutinante que

exhibe comportamiento viscoelástico;

- dicha matriz comprende al menos un jabón metálico;
- el jabón se selecciona entre el grupo que consiste al menos estearato de sodio, estearato de zinc, estearato de calcio, estearato de litio, estearato de aluminio y estearato de bismuto;

- 5
- dicha matriz comprende al menos una cera de origen vegetal, animal, mineral o sintético;
  - dicha matriz comprende al menos un polímero líquido con una viscosidad cinemática a 100 °C de al menos 850 mm<sup>2</sup>/s;

- dicho polímero líquido se selecciona entre el grupo que comprende al menos un poli(metacrilato de alquilo), un polibuteno, un poliisobuteno, un polisiloxano y un polidialquilsiloxano;

- 10
- las partículas de lubricante sólido pueden comprender moléculas de al menos un fullereno con una geometría esférica o geometría tubular;

- la matriz puede comprender al menos un aglutinante mineral, como un silicato alcalino;

- la matriz puede tener una consistencia sólida, no pegajosa al tacto y comprende al menos un aglutinante viscoelástico, como un elastómero o un látex;

- 15
- la composición en peso de lubricantes sólidos puede ser, por ejemplo, como sigue: de 20% a 99% de fluoruro de grafito, de 5% a 30% de nitruro de boro, de 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

- la composición en peso de lubricantes sólidos puede ser, por ejemplo, como sigue: de 20% a 99% de sulfuros de estaño, de 5% a 30% de nitruro de boro, de 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

- 20
- la composición en peso de lubricantes sólidos puede ser, por ejemplo, como sigue: de 20% a 99% de sulfuros de bismuto, de 5% a 30% de nitruro de boro o de 1% a 80% de politetrafluoroetileno;

- la matriz puede tener una consistencia pastosa (es decir, que tiene un punto de goteo). En este caso, la composición lubricante puede comprender al menos un aditivo para presiones extremas con una acción química.

- 25
- Durante el transcurso de su investigación, el solicitante apreció la importancia de un elevado par sobre el valor de la resistencia estructural, por ejemplo, 100% o más del valor de referencia o incluso un par muy elevado sobre el valor de la resistencia estructural, por ejemplo, 120% o más del valor de referencia, haciendo posible que se conserve la geometría de los soportes y que se aumente el número de operaciones de estructuración/rotura.

- 30
- La invención propone también un elemento roscado de un componente de una conexión tubular roscada, que comprende al menos un roscado y un soporte estructural, contra el cual debe portar otro soporte de otro componente de dicha conexión tubular roscada en el extremo de la operación de estructuración, y en el que al menos una rosca y el soporte estructural están revestidos con una capa fina que se adhiere a la superficie del roscado y el soporte estructural, y está constituida por una composición lubricante del tipo anteriormente presentado.

El elemento roscado puede estar disponible en diversas variantes, de las que al menos algunas de las características pueden ser combinadas en particular:

- 35
- puede estar al menos parcialmente cubierto con un grosor de la composición lubricante en el intervalo de 10 µm a 50 µm;

- puede comprender también una superficie de sellado destinada a estar en contacto hermético sellado con una correspondiente superficie de sellado de otro elemento roscado después de la operación de estructuración y cubierta con la composición lubricante;

- su soporte estructural puede ser una superficie de soporte anular;

- 40
- sus superficies cubiertas con la composición lubricante pueden tener unas características geométricas, físicas y/o químicas que las hacen capaces de adsorber o absorber dicha composición lubricante;

- sus superficies pueden haber sido revestidas con un revestimiento o película que tiene una función de protección frente a la corrosión.

- 45
- La invención proporciona también una composición tubular roscada que comprende un elemento roscado macho y un elemento roscado hembra de los que al menos uno es del tipo anteriormente presentado.

Otras características y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y dibujos que se acompañan, en los cuales:

- la Figura 1 muestra en diagrama un ejemplo de un perfil de par estructural (par como una función del número de vueltas);
- la Figura 2 muestra en diagrama, en una sección transversal a lo largo del eje longitudinal XX, una realización de un elemento hembra del primer componente de una conexión tubular roscada de tipo VAM TOP;
- 5 • la Figura 3 muestra en diagrama, en una sección transversal a lo largo del eje longitudinal XX, una realización de un elemento macho de un segundo componente de una conexión tubular roscada de tipo VAM TOP;
- la Figura 4 muestra en diagrama, en una sección transversal a lo largo del eje longitudinal XX, una realización de una conexión tubular roscada de tipo VAM TOP constituida mediante el ensamblaje de elementos machos y hembras ilustrados en las Figuras 2 y 3; y
- 10 • la Figura 5 muestra en diagrama y funcionalmente una realización de una máquina de tipo Bridgman.

Los dibujos que se acompañan no solamente sirven para apoyar la invención, sino que contribuyen también a su definición si es apropiado.

- El objetivo de la invención es proponer una composición lubricante formadora de película (o revestimiento) para el rodaje de conexiones roscadas que tienen un coeficiente de rozamiento seleccionado con el fin de obtener un valor para el par de la resistencia estructural que sea al menos igual a un valor umbral sobre un elemento roscado de un componente de una conexión tubular roscada correspondiente a un perfil de par de rodaje definido, en particular, mediante ese par sobre un valor de la resistencia estructural.

El componente se supondrá en lo sucesivo que está destinado a la perforación o explotación de un pozo de hidrocarburos y que estará provisto con al menos un elemento roscado macho o hembra de una conexión tubular roscada acoplada o integral con el grupo VAM (marca registrada) o equivalente. Sin embargo, la invención no está limitada a este tipo de uso ni al tipo de conexión tubular roscada anteriormente citada. La invención se refiere en efecto a cualquier tipo de conexión tubular roscada independientemente de su uso, con la condición de que comprenda al menos un elemento roscado macho o hembra provisto con al menos una roscado y un soporte constitutivo que debe ser lubricado usando la misma composición (o revestimiento) lubricante. Las velocidades de rotación pueden ser del orden de 10 a 30 rpm al comienzo del rodaje o después de ajustar las roscas a un máximo de 2 a 5 rpm al final del rodaje. Los diámetros son generalmente de 50 a 400 mm, las velocidades lineales están en el intervalo de 0,3 m/s al comienzo del rodaje hasta 0,005 m/s al final del rodaje. Adicionalmente, la presión de contacto es baja al comienzo del rodaje y muy elevada al final del rodaje en las zonas de sellado y soporte. Las distancias de rozamiento son largas en las roscas desde el comienzo del rodaje hasta el final. Las distancias de rozamiento son muy pequeñas en las zonas de sellado y soporte al final del rodaje. La composición lubricante está destinada a acomodar presiones extremas, por ejemplo, del orden de 1,5 GPa al final del rodaje, y ralentizar las velocidades al mismo tiempo que reduce el desgaste adhesivo y el agrietamiento de la rosca. Es ventajoso un aumento del rozamiento durante una disminución elevada de la velocidad y un aumento en la resistencia de Hertz. El ensayo de Bridgmann ha demostrado ser adecuado para ensayar las composiciones lubricantes previstas; por el contrario, otros ensayos, por ejemplo, el uso de una máquina Amsler, no son pertinentes para el dominio de constitución ya que se refiere a un contacto bajo condiciones de rodillos que están ausentes durante la constitución de una conexión. Estos requisitos muy particulares con las zonas de sellado y los soportes significan que no está directamente excluida una composición lubricante diseñada para otros usos.

Como se ilustra en las Figuras 2 y 3, un componente T1 o T2 comprende una estructura de una parte regular PC terminada en un elemento (o extremo) de rosca hembra EF o macho EM.

Un elemento roscado hembra EF (véase la Figura 2) comprende al menos una rosca interna FI y un soporte de rodaje BVF que, por ejemplo, está en la forma de una superficie anular interna (cónica convexa en el caso de una conexión roscada de tipo VAM TOP) colocada en dirección descendente de una rosca interna FI.

El extremo libre del elemento roscado hembra EF actúa como una referencia. Como consecuencia, cualesquiera elementos después del extremo libre se definen por estar en dirección descendente del mismo. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, la rosca interna FI está colocada en dirección descendente del extremo libre, pero en dirección ascendente del rodaje estructural BVF.

El término "interno", como se usa en la presente memoria descriptiva, significa una parte dispuesta a lo largo de una superficie (o una superficie) que está orientada hacia el eje longitudinal XX del elemento roscado hembra EF.

Como se ilustra en la Figura 2, el elemento roscado hembra EF puede comprender opcionalmente una superficie de sellado de metal/metal SEF interpuesta entre la rosca interna FI y la estructura de constitución BVF.

Un elemento roscado macho (véase la Figura 3) comprende al menos una rosca externa FE y un soporte estructural BVM que está, por ejemplo, en la forma de una superficie extrema anular (cónica cóncava en el caso de una conexión tubular de tipo VAM TOP) colocada en dirección ascendente de la rosca externa FE del extremo libre.

El extremo libre del elemento roscado macho EM actúa como una referencia en este caso. Como consecuencia, cualquier cosa después del extremo libre se dice que está en dirección descendente del mismo.

El término “externo” significa un elemento dispuesto en una superficie (o una superficie) que está orientada en una dirección radial opuesta al eje longitudinal XX del elemento roscado macho EM.

- 5 Como se ilustra en la Figura 3, el elemento roscado macho EM puede comprender opcionalmente una superficie de sellado de metal/metal SEM interpuesta entre el soporte de rodaje BVM y la rosca externa FE.

Debe apreciarse que la rosca interna FI, como la rosca externa FE, puede estar en una o más partes roscadas distintas que están distantes axial y/o radialmente una de otra y dispuestas en superficies cilíndricas o inclinadas.

- 10 Como se muestra en la Figura 4, una conexión tubular roscada JF se constituye ensamblando, mediante constitución, un elemento roscado hembra EF de un primer componente T1 a un elemento roscado macho EM de un segundo componente T2. Dicha constitución está definida por un perfil del par de rodaje del tipo ilustrado en la Figura 1 y caracterizada por un par estructural CAB, un par de plastificación CP y un par sobre la resistencia estructural CSB (cuyas definiciones respectivas se proporcionan en la sección introductoria).

- 15 El rodaje se lleva a cabo cuando al menos uno de los elementos constitutivos BVF y/o BVM en la rosca interna FI y/o la rosca externa FE y, opcionalmente, las superficies de sellado de metal/metal SEF y SEM del elemento roscado hembra EF y/o el elemento roscado macho EM han sido cubiertas con un revestimiento (o composición) lubricante. Este revestimiento (o composición) puede ser depositado sobre los elementos roscados hembra EF y/o macho EM en su centro de producción.

- 20 La composición lubricante tiene una naturaleza formadora de película. Es capaz de formar, sobre un sustrato, una capa fina (película) destinada a adherirse al mismo. Comprende una matriz que comprende al menos un material reo-resistente. Como se observará con posterioridad, esta composición lubricante está destinada a ofrecer un comportamiento “reo-resistente” durante las condiciones denominadas de plastificación por rozamiento de la estructura constitutiva (es decir, en el extremo de la fase de hermeticidad). La obtención de propiedades elásticas además de las propiedades plásticas hace posible que se aumenten las fuerzas de cizallamiento bajo una tensión de rozamiento. Las fuerzas de cizallamiento son mayores cuando el componente elástico es grande y la velocidad de cizallamiento es elevada. El efecto reo-resistente se obtiene al mismo tiempo que se retienen las propiedades de rozamiento y se mantienen los valores de un par estructural aceptable, evitando un calentamiento excesivo debido al cizallamiento que puede hacer variar las propiedades reológicas de la matriz, evitando la rotura de la película más allá de un nivel de tensión que la haga susceptible a un excesivo efecto lubricante, denominado encorvamiento, y evitando un efecto de película permitiendo un mayor número de operaciones de constitución/rotura. El material reo-resistente que forma parte de la matriz proporciona a la composición las propiedades elásticas que en otro caso tienen propiedades esencialmente plásticas.

- 35 La matriz, denominada también el aglutinante, puede estar unida o portar un principio activo hasta un lugar dado. Sirve también como un agente cohesivo en un sistema heterogéneo y puede tener funciones que complementan las de los principios activos a los que se une o que porta. Puede tener una consistencia sólida que no sea pegajosa al tacto, o puede tener una consistencia pastosa (es decir, tener un punto de goteo). Sin embargo, preferentemente exhibe un comportamiento reológico con un módulo de elasticidad que es mayor que el módulo plástico o viscoplástico, particularmente a una frecuencia baja y/o a bajas tensiones de cizallamiento, y una naturaleza lubricante. La expresión “baja frecuencia” en este caso significa una frecuencia de menos de 7,5 Hz.

- 40 La composición puede tener un módulo de elasticidad sustancialmente constante sobre un amplio intervalo de frecuencias, con un valor de referencia en el intervalo de 0,1 Hz a 100 Hz que puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 95% a 105% del valor de referencia.

- 45 El factor de amortiguación o ángulo de fase  $\delta$  es representativo de la relación de la energía disipada sobre la energía conservada seguidamente restituida durante un ciclo de deformación sinusoidal. El ángulo de fase  $\delta$  puede adoptar un valor bajo, en particular desde 0,1 hasta al menos 7,5 Hz. El ángulo de fase  $\delta$  puede ser de menos de 50° a 0,2 Hz, menos de 30° a 0,5 Hz, menos de 15° a 1 Hz, menos de 10° a 5 Hz y/o menos de 6° a 10 Hz. La resistencia al cizallamiento es excelente, por lo tanto, un par elevado sobre la resistencia estructural, por ejemplo, de más de 90% del valor de referencia.

- 50 Las características elásticas son sustancialmente superiores gracias a la presencia de materiales reo-resistentes en la matriz. Los módulos de elasticidad y viscosidad son sustancialmente independientes de la frecuencia, al menos en el intervalo seleccionado. Los materiales reo-resistentes pueden comprender al menos un ácido rosínico y/o resínico y/o al menos un polímero de viscosidad elevada, por ejemplo, un compuesto alquílico, en particular un poli(metacrilato de alquilo), un polibuteno, un poliisobuteno, un polisiloxano y/o elastómero sistetizado, en particular en solución en aceite, por ejemplo, un copolímero de bloques de estireno-etileno-butileno-estireno o un copolímero de etileno-octeno, o un elastómero natural, por ejemplo, del tipo de látex o caucho. La presencia simultánea de colofonia esterificada y poli(metacrilato de alquilo) ha proporcionado efectos sinérgicos satisfactorios.

- 55 La adición de un agente de pigmentación que modifica el rozamiento es posible con el fin de modificar el rozamiento

de acuerdo con la solicitud francesa 0702634. El pigmento no forma parte de la composición de la matriz.

La expresión “consistencia sólida”, como se usa en la presente memoria descriptiva, significa consistencia (o estado) que no es líquida ni gaseosa ni pastosa. Más precisamente, una matriz (o una película) en este caso se estima que está en un estado sólido (o de consistencia) cuando tiene un punto de fusión de más de una temperatura correspondiente a la que son expuestos los constituyentes durante el almacenamiento o uso, para evitar que recojan polvo de la atmósfera debido a su naturaleza pegajosa y/o para evitar que contaminen las superficies que entran en contacto la matriz (o película) y/o para evitar que contaminen el medioambiente por desplazamiento, escape o extrusión durante la constitución/rotura.

Los mecanismos de rozamiento durante la constitución y rotura de las conexiones tubulares roscadas se complican por la amplia diversidad de velocidades de rozamiento encontradas. Las velocidades pueden ser relativamente elevadas durante la constitución y casi cero al final del rodaje (o fase de hermeticidad) o al comienzo de la rotura (fase de relajación). Adicionalmente, las tensiones de Hertz son muy elevadas en los mismos periodos de rozamiento, dando lugar a estados límites.

Debe recordarse que la expresión “tensión (o presión) de Hertz” significa la carga que es aplicada mediante contacto en una superficie (y que provoca una deformación elástica en la misma) dividida por el área superficial. Bajo tensiones de Hertz, los materiales sólidos no plásticos pueden experimentar un cizallamiento interno que reduce su vida de servicio por agotamiento del material, mientras que los materiales plásticos sólidos son sometidos a este cizallamiento de acuerdo con las leyes de flujo, con la generación de una superficie de rozamiento.

Con el fin de superar los problemas debidos a las tensiones cinéticas anteriormente citadas, es ventajoso usar una matriz cuyas propiedades sean de naturaleza plástica y que permita un flujo viscoso bajo tensión al mismo tiempo que se acomodan a todas las situaciones de velocidades encontradas. Una matriz formada por varios constituyentes rinde mejor en presencia de una amplia diversidad de cizallamientos. De hecho, puede mantener los otros elementos activos en su sitio y contribuir a la producción de películas de transferencia estable o efecto de decapado.

Como un ejemplo, es posible usar una matriz en estado sólido que comprende al menos un polímero (o resina) termoplástico que se sitúa en la categoría de los polímeros viscoplásticos, como polietileno o un aglutinante acrílico. El polietileno es interesante y no adolece de los problemas de aplicación asociados a una viscosidad elevada en estado fundido, como es en el caso de otros polímeros viscoplásticos como poliamida 6, poliamida 11 o polipropileno. Los polietilenos ventajosos son los que tienen puntos de fusión de más de 105 °C. Sin embargo, puede ser usada una matriz con un punto de fusión en el intervalo de 80 °C a 400 °C.

Se recordará que el término “termoplástico” describe un polímero fusible que puede ser reversiblemente ablandado y seguidamente fundido calentando a temperaturas respectivas de  $T_G$  y  $T_F$  (temperatura de transición vítrea y temperatura de fusión) y solidificado y seguidamente vitrificado mediante enfriamiento. Los polímeros termoplásticos son transformados sin reacción química, en contraste con los polímeros termoestables. Los polímeros termoestables son usados en este caso para obtener, bajo rozamiento, un flujo viscoso al mismo tiempo que retienen una estructura sólida en seco estática y estable (no pegajosa al tacto). Por el contrario, en general, los polímeros termoestables exhiben nada o muy poco comportamiento viscoso bajo tensión.

Debe apreciarse que cuando la matriz tiene que tener una consistencia sólida y un comportamiento mecánico de resistencia elevada, puede comprender un aglutinante de tipo termoestable, como un compuesto epoxídico, poliuretano, silicona, alquileuretano o resina formofenólica. En una variación de este tipo de matriz, es posible usar aglutinantes minerales como silicatos o quelatos como titanatos o silicatos orgánicos. En estos casos, la composición tampoco es pegajosa al tacto.

La matriz puede tener también una consistencia sólida que no es pegajosa al tacto y de comportamiento viscoelástico. En este caso, puede comprender un producto elastómero o látex.

Con el fin de responder bajo condiciones casi estáticas para limitar las tensiones de lubricación asociadas con cargas de rozamiento muy elevadas, puede ser dispersado al menos un lubricante de tipo sólido en la matriz.

La expresión “lubricante sólido”, como se usa en la presente memoria descriptiva, significa una estructura sólida y estable que, al estar interpuesta entre dos superficies de rozamiento, hace posible la reducción del coeficiente de rozamiento y reduce el desgaste y deterioro de las superficies. Estas estructuras pueden ser clasificadas en diferentes categorías definidas por su mecanismo de funcionamiento y su estructura:

- clase 1: estructuras sólidas debidas a sus propiedades lubricantes para su estructura cristalina, con propiedades de escisión bajo una baja fuerza de cizallamiento entre ciertos planes cristalinos, por ejemplo, nitruro de boro (BN);
- clase 2: estructuras sólidas debidas a sus propiedades lubricantes para su estructura cristalina como se indica en la clase 1 y también a un elemento químico en su composición que reacciona con superficies metálicas, proporcionando una propiedad complementaria de la unión a superficies que favorece la formación de una capa de transferencia lubricante relativamente estable, por ejemplo, disulfuro de molibdeno,  $MoS_2$ , fluoruro de grafito, sulfuros de estaño, sulfuros de bismuto o disulfuro de wolframio;

- clase 3: estructuras sólidas que derivan sus propiedades lubricantes de su reactividad química con superficies metálicas que pueden crear compuestos complejos plásticos o lubricantes escindibles, por ejemplo, ciertos compuestos de tipo químico de tiosulfato o Desilube 88 comercializado por la empresa Desilube Technologies, Inc;

- clase 4: estructuras sólidas que derivan sus propiedades lubricantes de un comportamiento plástico o viscoplástico bajo tensión de rozamiento, en particular cuando son sometidas a cizallamiento, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE), polietilenos, polipropilenos, poliacetales o poliamidas.

Esta clasificación se describe, por ejemplo, en documentos del curso titulado “Solid lubricants” proporcionado por Mr Eric Gard en la entidad École Nationale Supérieure des Pétroles et Moteurs (Francia).

Además de estas clases, está la categoría particular de los fullerenos, clasificados como una subclase de la clase 1 con nomenclatura 1-3.

Como es conocido por un experto en la técnica, los lubricantes sólidos cuando están en condiciones lubricantes secas e hidrodinámicas, cuando son dispersados en un material fluido o viscoplástico, tienden a resultar unidas a las superficies de una manera estable, modificando así sus características de rozamiento. Son transferidos y se unen a la superficie mediante enlaces químicos a físico-químicos, que dan lugar a una gran resistencia al desgaste y a propiedades de rozamiento mejoradas. Dependiendo de la naturaleza de los sólidos, esto proporciona a la superficie una protección anti-desgaste, resistencia y propiedades anti-desgaste bajo las presiones extremas generadas por una tensión superficial de carga elevada (resistencias de Hertz) y un bajo coeficiente de rozamiento sobre un amplio espectro de cargas y velocidades de rozamiento. Dichas propiedades para generar un efecto de película de transferencia o un efecto de decapado son usadas para tipos de rozamiento en los que las superficies son sometidas a tensiones de una manera repetitiva, como las producidas durante la constitución o rotura de conexiones tubulares roscadas.

La composición puede comprender tan sólo un lubricante sólido, como fluoruro de grafito solamente o sulfuro de estaño solamente o sulfuro de bismuto solamente.

Sin embargo, el uso combinado de al menos dos lubricantes sólidos pertenecientes a clases diferentes puede producir efectos sinérgicos y, por tanto, los rendimientos de lubricación son muy buenos. La expresión “efecto sinérgico”, como se usa en la presente memoria descriptiva, significa una situación en la que la combinación de lubricantes sólidos que tienen propiedades básicas da lugar a rendimientos que son superiores a las propiedades de base acumuladas de dichos lubricantes sólidos tomados separadamente.

Los lubricantes sólidos preferidos para ser usados en la invención comprenden al menos compuestos de la clase 2 que han sido poco usados hasta ahora, como fluoruros de grafito o sulfuros de estaño o sulfuros de bismuto. Difieren de los lubricantes sólidos tradicionales como el grafito (que puede facilitar la aparición de corrosión) o disulfuro de molibdeno (que se conoce que es inestable, en particular en presencia de humedad y para liberar óxido de azufre, que corroe el acero o sulfuro de hidrógeno que puede hacer que el acero sea sensible al resquebrajamiento por tensiones de sulfuros o SSC), en su mayor capacidad para unirse a metales y su mejor rendimiento a presiones extremas. Usados de forma sinérgica con lubricantes sólidos de otras clases, son capaces de conseguir rendimientos considerables.

Los compuestos de la clase 2 anteriormente citados pueden ser usados en la forma de partículas con partículas de lubricantes sólidos de al menos una de las clases 1, 3 y 4. Por tanto, es posible usar partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 4, o partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 1 y al menos un lubricante sólido de la clase 2, o partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 3, o partículas de al menos un lubricante sólido de la clase 1, al menos un lubricante sólido de la clase 2 y al menos un lubricante sólido de la clase 4.

Se ha observado un aumento sustancial en el número de ciclos de constitución y rotura bajo condiciones del lugar con sistemas combinando las clases 1, 2 y 4, en comparación con un efecto sinérgico la clase 2/clase 4.

A modo de ejemplo, las partículas de lubricante sólido de la clase 1 pueden ser partículas de nitruro de boro. Nuevamente a modo de ejemplo, las partículas de lubricante sólido de la clase 2 pueden ser partículas de fluoruro de grafito, sulfuro de estaño, sulfuro de wolframio o sulfuro de bismuto. Las partículas de la clase 3 pueden ser partículas de Desilube 88 (comercializado por la empresa Desilube Technologies Inc). Nuevamente a modo de ejemplo, las partículas de lubricante sólido de la clase 4 pueden ser partículas de politetrafluoroetileno (PTFE) (clase 4). Se obtienen efectos sinérgicos particularmente buenos con las siguientes combinaciones: fluoruro de grafito (clase 2)/PTFE/nitruro de boro (clase 1), sulfuro de wolframio (clase 2)/PTFE (clase 4)/nitruro de boro (clase 1) y sulfuro de bismuto (clase 2)/PTFE (clase 4)/nitruro de boro (clase 1).

Como se indicó anteriormente, la composición lubricante puede comprender como complemento para la matriz (o aglutinante) y cualesquiera partículas de lubricante(s) sólido(s), al menos un aditivo de frenada (o pigmento). Cada aditivo de frenada (o pigmento) está dispersado en la matriz.

El (o los) aditivo(s) para frenos (o pigmento(s)) se selecciona(n) como una función del perfil de par de rodaje de la

conexión tubular roscada en al menos uno de los elementos transformados machos EM y hembras EF que debe cubrir. Más precisamente, se selecciona(n) para proporcionar a la composición, como un complemento a sus propiedades lubricantes, un coeficiente de rozamiento que se selecciona para permitir un par sobre el valor de la resistencia estructural CSB al menos igual a un valor umbral que va a ser obtenido.

5 Debe entenderse que cada aditivo de frenada se selecciona como una función de las propiedades físicas específicas que proporcionan la composición con una capacidad para “frenar” el movimiento aplicado durante la constitución en las condiciones lubricadas como una función del perfil de par de rodaje de la conexión tubular roscada y, por tanto, del modo de producirla. De hecho, dos materiales que están bajo un rozamiento relativo separados por una tercera estructura interpuesta (en este caso la composición lubricante) deben sus propiedades al menos a dos factores: el comportamiento reológico de la matriz y el comportamiento de ciertos compuestos sólidos que participan en la composición de dicha tercera estructura. El comportamiento reológico de la tercera estructura puede ser hidrodinámico, en el caso de un aceite, viscoplástico en el caso de ciertas ceras y ciertos polímeros o granular en el caso de ciertos compuestos no dúctiles o de minerales muy duros.

10 El comportamiento de ciertos compuestos sólidos que participan en la composición de la tercera estructura varía de acuerdo con ciertos parámetros:

- la concentración de la tercera estructura en el medio hidrodinámico o viscoplástico;
- la dureza o resistencia a la rotura de las partículas de los compuestos sólidos, que se caracterizan por la dureza de Mohs;
- la capacidad de escisión de los cristales de compuestos sólidos con grados variables de tensiones, que depende principalmente de la estructura cristalina;
- las interacciones de partículas que dependen de la forma y la energía superficial de las partículas de compuestos sólidos y las capacidades de unión entre dichas partículas (atracción entre átomos a través de enlaces de tipo de Van der Waals, una función de la naturaleza química de las partículas), estos intermedios tienden a un movimiento opuesto;
- el comportamiento reológico inverso (o tixotropía inversa) de ciertos aditivos orgánicos de peso molecular muy elevado que hacen posible oponer una fuerza de cizallamiento y, por tanto, de movimiento.

25 Es importante apreciar que las proporciones respectivas de los tipos de constituyentes de la composición lubricante dependen principalmente del tipo (termoplástico, termoestable u otro) de la matriz sólida usada. Como un ejemplo, cuando la matriz sólida es de tipo termoplástico, la composición lubricante puede comprender una proporción de matriz en el intervalo de aproximadamente 75% a aproximadamente 97% y una proporción de lubricante(s) sólido(s) en el intervalo de aproximadamente 3% a aproximadamente 25%.

30 Adicionalmente, se comprenderá que las variaciones de las diversas proporciones de los tres tipos de constituyentes de la composición lubricante, unos respecto a otros, depende en particular del tipo de conexión tubular roscada que deben cubrir y de las tensiones a las que está sometida la conexión tubular roscada, en particular bajo las condiciones del lugar.

35 Las composiciones respectivas por peso de los tres tipos de constituyentes (matriz sólida, lubricante(s) sólido(s) y aditivo(s) para frenos) de una composición lubricante se pueden determinar, por ejemplo, usando simulaciones teóricas llevadas a cabo con un software que funciona en un ordenador y ensayos tribológicos llevados a cabo usando una máquina que un experto en la técnica (un especialista en tribología) conoce como una máquina Bridgmann. Este tipo de máquina ha sido descrito en particular en el artículo de D Kuhlmann-Wilsdorf et al, "Plastic flow between Bridgmann anvils under high pressures", J Mater Res, vol 6, nº 12, diciembre de 1991.

40 Un ejemplo en diagrama y funcional de una máquina de Bridgmann se muestra en la Figura 5. Esta máquina comprende:

- un disco DQ que puede ser activado en rotación a velocidades seleccionadas;
- un yunque EC1, preferentemente de tipo cónico, fijado a una primera cara del disco DQ;
- un segundo yunque EC2, preferentemente de tipo cónico, fijado a una segunda cara del disco DQ, opuesta a la primera cara;
- un primer EP1 y un segundo EP2 elementos de presión como pistones, por ejemplo, que pueden ejercer presiones axiales P seleccionadas;
- un tercer yunque EC3, preferentemente de tipo cilíndrico fijado a una cara del primer elemento de presión EP1;
- un cuarto yunque EC4, preferentemente de tipo cilíndrico fijado a una cara del segundo elemento de presión EP2.

Para ensayar una composición lubricante, dos piezas de un material igual al constituyente del elemento roscado son cubiertas con el mismo para formar una primera S1 y una segunda S2 muestras. Seguidamente, la primera muestra S1 se interpone entre las caras libres del primer EC1 y tercer EC3 yunques y la segunda muestra S2 entre las caras libres del segundo EC2 y cuarto EC4 yunques. Seguidamente, el disco DQ se hace rotar a una velocidad seleccionada mientras se aplica una presión axial P seleccionada (por ejemplo, del orden de 1,5 GPa) usando cada elemento de presión EP1 y EP2 y se mide el par de rodaje al que es sometida cada muestra S1 y S2.

La presión axial, la velocidad de rotación y el ángulo de rotación se seleccionan en el ensayo de Bridgmann para simular la presión de Hertz y la velocidad relativa de las superficies de los soportes al final del rodaje.

Gracias a esta máquina, se puede fijar un cierto número de pares diferentes (par de rodaje o par de rotación) para medir el correspondiente par de rodaje en las muestras S1 y S2 y verificar si dichas muestras S1 y S2 siguen aproximadamente un perfil de par de rodaje dado y, en particular, si son capaces de producir un par sobre el valor de la resistencia estructural CSB al menos igual a un valor umbral con respecto a ese perfil. Se comprenderá que estos ensayos llevados a cabo en la máquina de Bridgmann hacen posible establecer una correlación entre el par medido para muestras revestidas con una composición lubricante de la invención y un porcentaje del par de la resistencia estructural CSB obtenida durante las operaciones de constitución de elementos roscados revestidos con la misma composición lubricante.

Con el fin de mejorar ciertas propiedades seleccionadas de la composición, su matriz puede comprender elementos adicionales como los que se mencionan con posterioridad, a modo de ilustración no exhaustiva.

Por tanto, una plasticidad mejorada de la matriz de la composición puede ser obtenida añadiendo compuestos químicos del tipo de jabones metálicos que incluyen jabones (o estearatos) de calcio, litio, aluminio, bismuto, sodio, magnesio o zinc, que proporcionan excelentes resultados en lo que se refiere al número de etapas de constitución y rotura bajo las condiciones del lugar, así como una mejora en las propiedades de reaglomeración de residuos. Se debe recordar que la expresión "jabón metálico" significa compuestos fusibles como jabones de metales alcalinos y metales alcalinotérreos y jabones de otros metales. Como un ejemplo, es posible usar un jabón metálico como estearato de zinc que proporciona un efecto sinérgico con ciertos inhibidores de la corrosión.

Como un ejemplo, para mejorar la lubricación ofrecida por la composición y, en particular, para optimizar sus propiedades de bloqueo y reaglomeración de residuos durante las operaciones de constitución/rotura, su matriz puede incluir una grasa natural como una cera de origen vegetal, animal, mineral o sintético. Se debe recordar que el término "cera" significa sustancias fusibles con propiedades lubricantes de diversos orígenes (mineral, en particular derivada de la destilación de aceite, vegetal o animal o sintético) las de consistencia dura o más o menos pastosa, cuya temperatura de fusión y el punto de goteo pueden variar dentro de un amplio alcance dependiendo de su naturaleza. Como un ejemplo, es posible usar cera carnauba. La matriz puede tener una adhesión aumentada cuando incluye una resina (mineral, vegetal o sintética), por ejemplo, una resina de terpeno o un derivado de resina de terpeno, en particular colofonia. La colofonia puede ser esterificada con pentaeritritol. Es posible usar Dertoline P2L comercializado por la empresa "Les Derivés Résiniques et Térpeniques".

Se apreciará que como una función de las cantidades necesarias de inhibidores de la corrosión, se puede observar una degradación de las propiedades de atrapamiento de residuos o reaglomeración. Para superar esta desventaja, es posible usar polímeros muy viscosos como poli(metacrilatos de alquilo) (PAMA), polibutenos, poliisobutenos o polisiloxanos. Por tanto, se pueden obtener excelentes resultados para la reaglomeración de residuos con un PAMA con una viscosidad cinemática de 850 mm<sup>2</sup>/s a 100 °C, comercializado por la empresa ROHMAX bajo la marca registrada VISCOPLEX 6-950.

Como un ejemplo, para mejorar la protección de la superficie que debe cubrir la composición contra diferentes modos de corrosión, su matriz puede comprender un inhibidor de la corrosión. Se debe recordar que la expresión "inhibidor de la corrosión" significa un aditivo que proporciona un material líquido o sólido aplicado a una superficie con la capacidad de protegerlo mediante un mecanismo químico, electroquímico o físico-químico.

La resistencia a la corrosión puede ser mejorada también combinando el inhibidor de la corrosión seleccionado con compuestos que bloqueen la corrosión por medio de otros mecanismos. Como se indicó anteriormente, el estearato de zinc en particular exhibe propiedades sinérgicas con inhibidores de la corrosión al mismo tiempo que contribuye grandemente al comportamiento lubricante de la matriz.

El ensayo principal de protección anticorrosión es el ensayo de nebulización salina llevado a cabo de acuerdo con la norma ISO standard 9227 y determinado mediante el índice Re de acuerdo con la norma ISO EN 2846-3 en una placa tratada mediante fosfatación de manganeso (depósito de 8 a 20 g/m<sup>2</sup> de fosfato). Los rendimientos del ensayo de nebulización salina llevado a cabo de acuerdo con los patrones (aumento de 20% del tiempo de aparición de la corrosión) puede ser mejorados insertando partículas de óxido de zinc de dimensiones nanométricas (media de 200 nm) aplicadas en forma de una dispersión simple en agua.

Como un ejemplo, para permitir que la composición forme un bloque, de una manera estable, los sitios que son creados mediante rugosidad superficial y para bloquear el procedimiento y la propagación del deterioro superficial al

mismo tiempo que se crea una estructura escindible continua en la superficie, la composición puede incluir moléculas de al menos un fullereno de geometría esférica. Se debe recordar que el término “fullerenos” significa materiales moleculares que tienen una estructura en la forma de tubos cerrados o abiertos o esferas cerradas, en forma de una monocapa o en múltiples capas. Los fullerenos esféricos tienen dimensiones de unas pocas decenas nm en forma de una monocapa y más 100 nm en forma de capas múltiples. Se debe apreciar que debido a su tamaño y capacidad interactiva, los fullerenos pueden tener un efecto determinante sobre la reología del medio introduciendo un fenómeno adicional de resistencia viscosa al movimiento.

Como un ejemplo, para permitir una identificación visual de las superficies tratadas, la matriz de la composición puede incluir al menos un colorante. Puede ser usado cualquier tipo de colorante orgánico que sea conocido, con la condición de que su cantidad no degrade los rendimientos de rozamiento. Como un ejemplo, se puede usar colorantes en cantidades de aproximadamente 1%.

Como un ejemplo, para preservar al revestimiento de la degradación debida a oxidación, por ejemplo, al calentar o exponer a una radiación UV, la matriz de la composición puede comprender opcionalmente al menos un antioxidante. Debe destacarse que los compuestos polifenólicos, derivados de naftilamina y fosfitos orgánicos constituyen los grupos principales de antioxidantes.

El ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio comercializado bajo la marca registrada Halox ® SZP391 ha proporcionado resultados satisfactorios como un inhibidor de la corrosión.

La miscibilidad de los elementos de la composición puede ser mejorada con un co-disolvente que permita su homogenización. Puede ser usado copolímero con grupos funcionales acrílicos, por ejemplo, el comercializado bajo la marca registrada Disperplast® 1018.

Opcionalmente, la composición puede incluir un material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno con el objetivo de hacer que la formulación sea hidrófoba e hidrófuga, por ejemplo, el comercializado bajo la marca registrada Polyfluo® 400XF.

La preparación superficial de las partes que van a ser lubricadas de los elementos roscados machos EM y hembras EF pueden mostrarse ventajosa. De hecho, los ensayos de constitución y rotura han mostrado que para obtener una película de transferencia apropiada, es preferible modificar la superficie que va a ser revestida para hacerla capaz de adsorber o absorber la composición lubricante, por medio de tratamiento mecánico como chorros de arena o granallado o mediante modificaciones físicas o químicas de las superficies usando un tratamiento reactivo o no reactivo basado en depósitos superficiales de minerales cristalinos, ataque químico, por ejemplo, mediante un ácido, un tratamiento de fosfatación de zinc o manganeso o una oxalación que da lugar a una conversión química en la superficie. De estos tratamientos superficiales, es preferida la fosfatación ya que hace posible producir una superficie con una adhesión correcta que da lugar al establecimiento de una película de transferencia fuerte y muy estable que es resistente al rozamiento así como una protección anticorrosión básica.

Puede ser deseable también llevar a cabo una preparación superficial complementaria que consiste, en particular, en impregnar los poros de la superficie con nanomateriales que tienen dimensiones que permite que sean insertados en los poros. El objetivo de dicha impregnación es bloquear y saturar los sitios creados por los poros con un material con una acción de pasivación que protege la superficie contra la corrosión al mismo tiempo que mantiene una buena adhesión para el revestimiento.

Se presentarán seguidamente dos ejemplos no limitativos de la composición. Estos ejemplos son bien adecuados para las conexiones tubulares roscadas de tipo VAM TOP HC con un diámetro nominal de 177,8 mm (7 pulgadas) y con un peso por unidad de longitud de 43,15 kg/m (29 lb/pie) en acero de aleación baja (grado L80) usando la nota técnica publicada por la división OCTG de la entidad Vallourec and Mannesmann Tubes. El elemento roscado macho tiene, por ejemplo, una fosfatación experimentada con zinc (peso de la capa en el intervalo de 4 a 20 g/m<sup>2</sup>) antes de la aplicación del revestimiento (composición) y la capa roscada hembra tiene una fosfatación experimentada con manganeso (peso de la capa en el intervalo de 8 a 20 g/m<sup>2</sup>). Los elementos roscados machos EM y hembras EF son precalentados a 130 °C, seguidamente se aplica a los mismos una capa de 35 µm de grosor de una composición lubricante que es mantenida fundida a 150 °C mediante pulverización en caliente.

En este ejemplo, la matriz es de tipo viscoelástico; los lubricantes sólidos están compuestos por disulfuro de wolframio y fluoruro de grafito.

En una variación, la composición comprende 10% a 25% en peso, preferentemente 10% a 20% de una resina de éster colofonia.

La composición puede ser como sigue:

- cera de polietileno: 10%;
- material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno comercializado bajo la marca registrada Polyfluo® 400XF: 5%;

- colofonia esterificada con pentaeritritol: 15%;
  - cera de carnauba: 7%;
  - estearato de zinc: 25%;
  - PAMA: 8%;
- 5
- ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio: 15%;
  - fluoruro de grafito: 7%;
  - politetrafluoroetileno comercializado bajo la marca registrada Algoflon® L203: 2%;
  - nitruro de boro: 1%;
  - copolímero con grupos funcionales comercializado bajo la marca registrada Disperplast® 1018: 5%.
- 10
- En una variación, los porcentajes en peso están entre los de los dos ejemplos anteriormente proporcionados.
- En una variación es posible, por ejemplo, aplicar, mediante pulverización en caliente sobre los elementos roscados machos EM y hembras EF precalentados a 130 °C, una capa gruesa de 35 µm de composición lubricante que se mantiene fundida a 150 °C con la siguiente composición en peso:
- cera de polietileno: 12%;
- 15
- material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno comercializado bajo la marca registrada Polyfluo® 400XF: 3%;
  - colofonia esterificada con pentaeritritol: 15%;
  - cera de carnauba: 7%;
  - estearato de zinc: 25%;
- 20
- PAMA: 8%;
  - ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio: 18%;
  - fluoruro de grafito: 6%;
  - difluoruro de wolframio: 2%;
  - copolímero con grupos funcionales comercializado bajo la marca registrada Disperplast® 1018: 4%.
- 25
- En esta variación, la matriz es también de tipo viscoelástico.
- En una variación no comprendida en la invención, la composición en peso es como sigue:
- cera de polietileno: 17%;
  - material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno comercializado bajo la marca registrada Polyfluo® 400XF: 1%;
- 30
- colofonia esterificada con pentaeritritol: 20%;
  - cera de carnauba: 5%;
  - estearato de zinc: 19%;
  - PAMA: 10%;
  - ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio: 12%;
- 35
- fluoruro de grafito: 5%;
  - politetrafluoroetileno: 1%;
  - nitruro de boro: 2%;
  - disulfuro de wolframio: 3%;

- copolímero con grupos funcionales comercializado bajo la marca registra Disperplast® 1018: 5%.

El copolímero con grupos funcionales actúa como un agente de acoplamiento.

5 En una variación, el porcentaje en peso de cada uno de los siguientes constituyentes puede ser de menos de 0,1%, preferentemente menos 0,01%: sulfonato y carboxilato de calcio, óxido de zinc, dióxido de titanio, trióxido de bismuto, politetrafluoroetileno, silicona, difenilamina alquilada, tris(2,4-di-terc-butilfenil)fosfito.

10 Dicha técnica de pulverización fundida en caliente consiste en mantener la composición lubricante a una temperatura elevada en la fase líquida y pulverizar usando chorros de pulverización termostataada. La composición lubricante es calentada entre 10 °C y 50 °C por encima de su punto de fusión y es pulverizada sobre una superficie precalentada a una temperatura que es mayor que el punto de fusión, para asegurar que la superficie apropiadamente cubierta.

En lugar de usar esta técnica de pulverización fundida en caliente es posible, por ejemplo, pulverizar la composición lubricante en la forma de una emulsión acuosa. La emulsión y el sustrato pueden estar a temperatura ambiente, y entonces es necesario un periodo de secado. Este periodo de secado se puede reducir considerablemente precalentando la composición lubricante en 60 °C y 80 °C y/o la superficie entre 50 °C y 150 °C.

15 La invención no está limitada a los ejemplos de composiciones lubricantes, y los ejemplos del elemento roscado (macho o hembra) anteriormente descritos, proporcionados solamente a modo de ejemplo, sino que abarca también cualesquiera variaciones que el experto en la técnica pueda concebir, que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones que se acompañan.

20 Por tanto, la invención se refiere también a otros tipos de elementos roscados distintos de los anteriormente descritos (VAM TOP). Como un ejemplo, se refiere también a elementos roscados de conexiones tubulares roscadas con soporte interno acopladas (por ejemplo, las de tipo NEW VAM, VAM ACE, DINOVAM, VAM HW ST) o de tipo súbito o semi-súbito integral (por ejemplo, las de tipo VAM SL, VAM MUST, VAM HP, VAM HTF).

25 La invención se puede referir también a elementos de conexiones roscadas para resortes u otros componentes de perforación rotatorios definidos por la especificación API 7 o por especificaciones más estrictas de ciertos productores (como, a modo de ejemplo no limitativo, las conexiones roscadas Premium VAM EIS, VAM TAURUS, TORQMASTER TM4 y los derivados y desarrollos de estas conexiones).

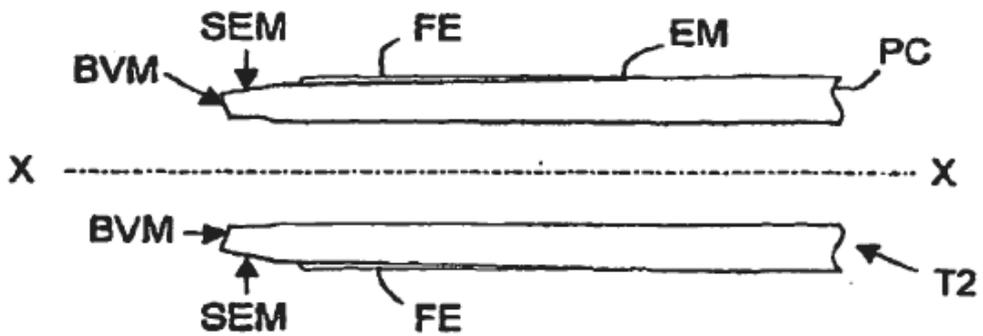
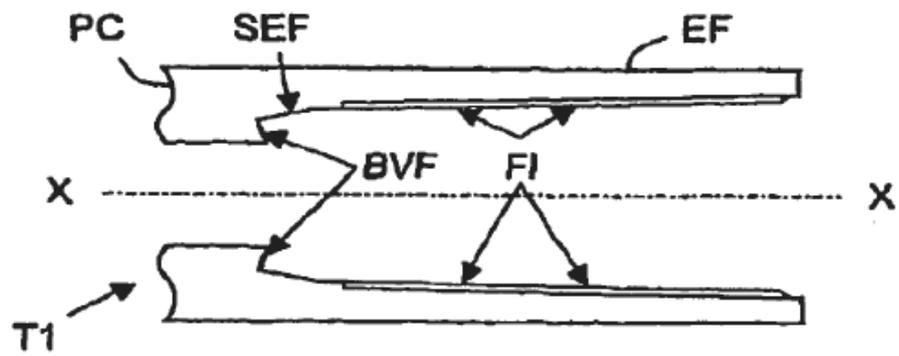
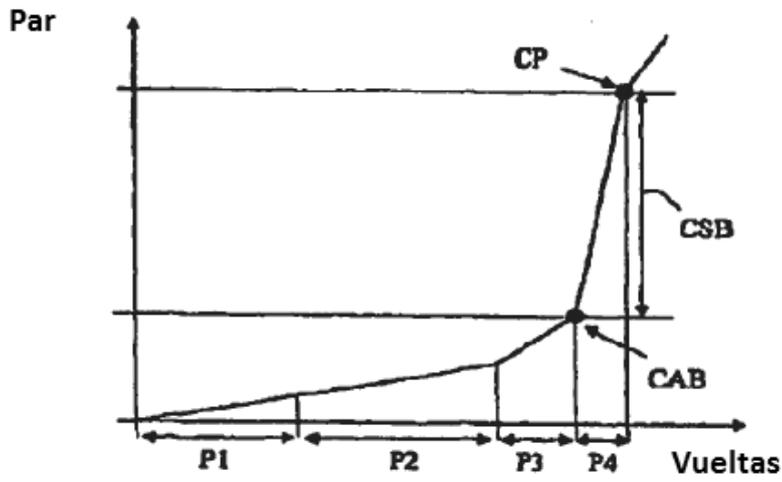
Adicionalmente, en lo que antecede, se ha descrito principalmente una composición lubricante que comprende uno o más lubricante(s) sólido(s) y una matriz con una consistencia sólida que comprende al menos un material reo-

30 resistente.

## REIVINDICACIONES

1. Una composición lubricante formadora de película para el rodaje de conexiones roscadas, destinada a cubrir al menos un roscado (FE, FI) y un soporte de rodaje (BVM, BVF) de un elemento roscado (EM, EF) de un componente (T2, T1) de una conexión tubular roscada (JF) con una película en estado sólido que se adhiere al roscado (FE, FI) y a dicho soporte de rodaje (BVM, BVF), estando destinado dicho soporte de rodaje (BVM, BVF) a estar enfrentado a otro soporte (BVF, BVM) de otro componente (T1, T2) de dicha conexión tubular roscada (JF) durante la fase de constitución terminal, y comprendiendo dicha composición lubricante una matriz, caracterizada porque la matriz comprende adicionalmente al menos un material reo-resistente seleccionado con el fin de conferir a dicha composición, como un complemento a la lubricación, un par sobre el valor de la resistencia estructural que es al menos igual a un valor umbral, teniendo dicha matriz una consistencia sólida y siendo no pegajosa al tacto,
- estando dispuesto(s) dicho(s) material(es) reo-resistente(s) para permitir que se obtenga un par sobre el valor de la resistencia estructural que es al menos igual a un valor umbral igual a un 95% de un par de referencia sobre el valor de la resistencia estructural para una grasa de tipo API RP 5A3 obtenida para dicha conexión tubular roscada (JF),
- comprendiendo dicha composición lubricante de 10% a 25% de un material reo-resistente en forma de una composición en peso,
- comprendiendo dicho material reo-resistente de 1% a 99% de resina de terpeno basada en alfa-pineno, ácido rosínico y ácido resínico esterificados con pentaeritritol, ácido rosínico y ácido resínico hidrogenados y esterificados con glicerina y/o colofonia polimerizada en forma de una composición en peso,
- comprendiendo dicha composición lubricante de 10% a 20% de cera de polietileno, de 0 a 5% de material compuesto de polietileno/politetrafluoroetileno, de 10% a 25% de colofonia esterificada, de 0 a 20% de cera de carnauba, de 20% a 30% de estearato de zinc, de 15% a 25% de ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio, de 4% a 12% de fluoruro de grafito, de 0 a 4% de politetrafluoroetileno, de 1% a 3% de nitruro de boro, de 2% a 8% de disulfuro de wolframio y de 2% a 8% de agente de acoplamiento en forma de una composición en peso.
2. Una composición lubricante según la reivindicación 1, en la que el material reo-resistente comprende de 1% a 99% de ácido rosínico y resínico esterificados con pentaeritritol, en forma de una composición en peso.
3. Una composición lubricante según la reivindicación 1, que comprende de 10% a 20% de colofonia esterificada, de 4% a 12% de cera de carnauba, de 20% a 26% de estearato de zinc, de 18% a 22% de ortofosfato-silicato de zinc, calcio y estroncio, de 4,5% a 7% de fluoruro de grafito y de 3% a 6% de disulfuro de wolframio en forma de una composición en peso.
4. Una composición lubricante según una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende partículas de lubricante(s) sólido(s) dispersados en la matriz; en que dicha(s) partícula(s) de lubricantes sólidos comprende(n) partículas de lubricantes de al menos una de las clases 1, 2, 3 y 4, siendo definidas las clases 1, 2, 3 y 4 como sigue:
- clase 1: nitruro de boro (BN);
- clase 2: disulfuro de molibdeno  $\text{MoS}_2$ , fluoruro de grafito, sulfuros de estaño, sulfuros de bismuto o disulfuro de wolframio;
- clase 3: compuestos de tipo químico de tiosulfato;
- clase 4: politetrafluoroetileno (PTFE), polietilenos, polipropilenos, poliacetales o poliamidas.
5. Una composición lubricante según una de las reivindicaciones 1 a 4, en la que dicha matriz comprende al menos un aglutinante con un comportamiento viscoelástico.
6. Una composición lubricante según una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dicha matriz comprende al menos un jabón metálico seleccionado entre el grupo que comprende al menos estearato de zinc, estearato de calcio, estearato de litio, estearato de aluminio y estearato de bismuto.
7. Una composición lubricante según una de las reivindicaciones 1 a 6, en la que dicha matriz comprende al menos una cera origen vegetal, animal, mineral o sintético y/o al menos un polímero líquido con una viscosidad cinemática a 100 °C de al menos 850  $\text{mm}^2/\text{s}$  seleccionado entre el grupo que comprende al menos un poli(metacrilato de alquilo), un polibuteno, un poliisobuteno, un polidialquilsiloxano y un polisiloxano.
8. Un elemento roscado (EM, EF) de un componente (T2, T1) de una conexión tubular roscada (JF), comprendiendo dicho elemento roscado (EM, EF) al menos un roscado (FE, FI) y un soporte de rodaje (BVM, BVF) enfrentado a otro soporte (BVF, BVM) de otro componente (T1, T2) que dicha conexión tubular roscada (JF) que debe portar al final de la operación de constitución, caracterizado porque al menos dicho roscado (FE, FI) y dicho soporte de rodaje (BVM, BVF) están revestidos con una película que se adhiere a la superficie del roscado (FE, FI) y el soporte de rodaje (BVM, BVF) y que está constituida por una composición lubricante de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

9. Un elemento roscado según la reivindicación 8, caracterizado porque está al menos parcialmente cubierto con una composición lubricante con un grosor en el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ .
10. Un elemento roscado según la reivindicación 8 o la reivindicación 9, caracterizado porque comprende también una superficie de sellado (SEM, SEF) destinada a entrar en contacto hermético sellado con una correspondiente superficie de sellado (SEF, SEM) de otro elemento roscado (EF, EM) después de dicha operación de constitución, y cubierta con dicha composición lubricante.
11. Un elemento roscado según una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque las superficies están previamente revestidas con un revestimiento o película que actúa para proteger contra la corrosión.
12. Una conexión tubular roscada, que comprende un elemento roscado macho y un elemento roscado hembra, caracterizada porque al menos uno de dichos elementos roscados es de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 11.



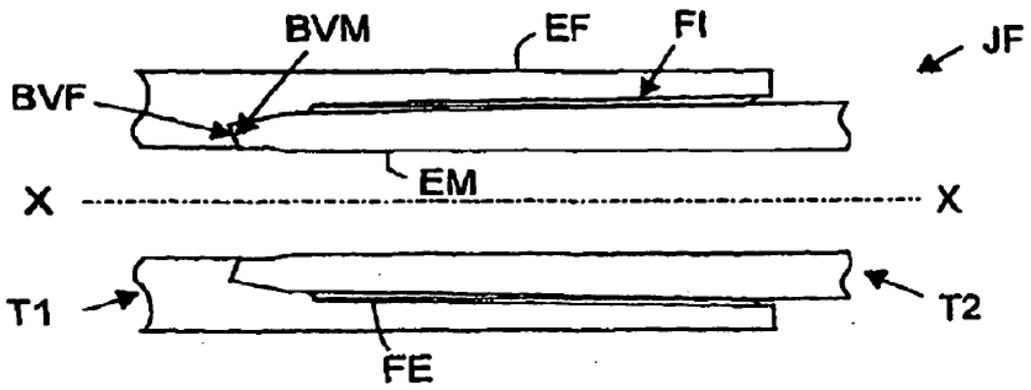


FIG. 4

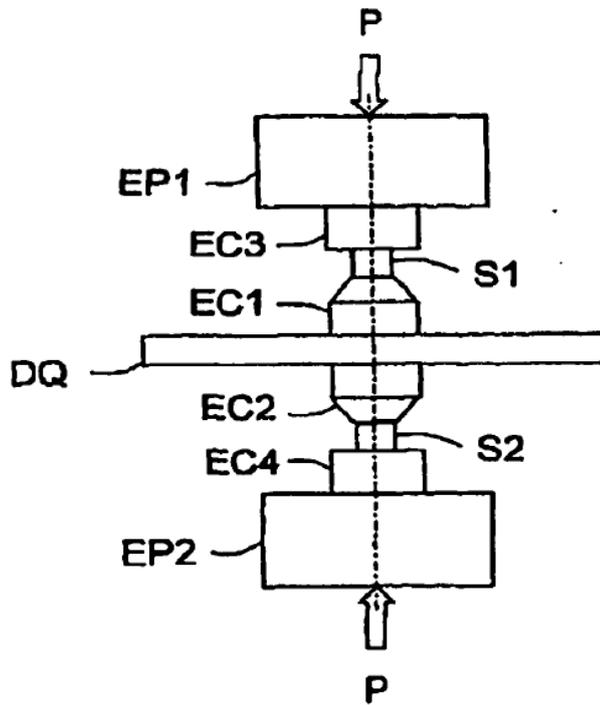


FIG. 5