

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 934**

51 Int. Cl.:

F16L 15/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2013 PCT/EP2013/076841**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14095817**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2013 E 13805900 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2935961**

54 Título: **Conjunto para producir una conexión tubular roscada resistente a la excoiación mecánica**

30 Prioridad:

21.12.2012 FR 1262580

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

26.09.2017

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:

**GARD, ERIC;
GOUIDER, MOHAMED y
PETIT, MIKAEL**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 633 934 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

Conjunto para producir una conexión tubular roscada resistente a la excoiación mecánica

- 5 La presente invención se refiere a conexiones roscadas para la perforación y/o explotación de pozos de hidrocarburos, y con mayor precisión, para optimizar el rendimiento global de una conexión en términos de resistencia a la excoiación mecánica y sellado del gas mediante una asociación sinérgica entre revestimientos termoplásticos sólidos, al menos uno de los cuales comprende una resina termoplástica líquida amorfa.
- 10 La expresión "conexiones roscadas" significa cualquier conjunto constituido por dos elementos con una forma prácticamente tubular que se pueden ensamblar entre sí mediante conexión, destinado, en particular, a constituir bien un vástago que se puede usar para perforar un pozo de hidrocarburos o en la reparación de un elevador o un elevador para operar un pozo de este tipo, o la camisa o la sarta de tubos utilizada para la explotación de un pozo.
- 15 Cada componente tubular comprende una parte final provista de una zona macho roscada o una zona hembra roscada previstos para combinarse con la correspondiente parte final de un elemento análogo. Una vez conectados de esta forma, los elementos componen lo que se denomina una conexión.
- 20 Dichos componentes tubulares roscados de una conexión se conectan bajo cargas definidas para satisfacer los requisitos de un ajuste de interferencia y sello impuesto por las condiciones de servicio. Además, deberá saberse que puede ser necesario que los componentes tubulares roscados experimenten varios ciclos de conexión-desconexión, especialmente durante el servicio.
- 25 Las condiciones de uso de dichos componentes tubulares roscados ocasionan diferentes tipos de cargas, lo que obliga al uso de películas sobre las partes sensibles de componentes tales como las zonas de roscado, zonas de soporte o superficies de sellado.
- 30 De este modo, las operaciones de conexión se realizan de forma general con una elevada carga axial, por ejemplo, porque el peso de un tubo de varios metros de longitud que se debe conectar mediante la conexión roscada, posiblemente se agrava por una leve desalineación de los elementos roscados que se deben conectar. Esto induce riesgos de falta de soporte en los estribos (baja presurización de las superficies de sellado) y esto induce el riesgo de excoiación mecánica en las zonas roscadas y/o en las superficies de sellado de metal contra metal. Las zonas roscadas y las superficies de sellado de metal contra metal se revisten, por tanto, de forma rutinaria, con lubricantes.
- 35 En los diseños actuales, es necesario seleccionar un coeficiente de fricción de tal manera que se obtenga un valor de par de fuerzas o resistencia de soporte al menos igual al valor umbral. De esta manera, es posible evitar la reducción del par de fuerzas de conexión óptimo definido para este tipo de conexión y para la grasa API de referencia y, en casos extremos, evitar el no poder garantizar la función del estribo.
- 40 Algunos enfoques han consistido en diferenciar el coeficiente de fricción en función de la zona de carga aplicando preferentemente un recubrimiento de PTFE unido a los roscados (movimiento longitudinal de la zona de carga) sin revestir la zona de carga axial o del estribo para generar localmente un elevado coeficiente de fricción (véase, por ejemplo, el documento US20090033087).
- 45 Otros enfoques han considerado centrarse en un par de fuerzas de soporte menor del 70 % del valor del par de apriete óptimo utilizando básicamente revestimientos viscoplásticos (véanse, por ejemplo, los documentos WO2008/125740, documento WO2009/072486). Sin embargo, un recubrimiento termoplástico prácticamente cerúleo corre el riesgo de plastificación del estribo antes de que se alcance el par de apriete óptimo, especialmente en conexiones delgadas con dimensiones pequeñas del tipo T&C (roscado y acoplado, por sus siglas en inglés) o en las conexiones conocidas
- 50 como conexiones de "para elevado".
- 55 Para el experto en la técnica, es posible aumentar las fuerzas de cizalladura durante la fase conocida como plastificación por fricción del estribo de conexión (es decir, al final de la fase de apriete) mediante un efecto elástico usando materiales termoplásticos con un comportamiento reorresistente en una matriz con una consistencia sólida (véase, por ejemplo, el documento WO2010043316). Sin embargo, la resistencia a la cizalladura ocasiona un calentamiento excesivo, que tiene una tendencia a modificar las propiedades viscoplásticas reológicas de la matriz en la zona de carga de movimiento longitudinal y para afectar el efecto de la película que permite un elevado número de operaciones de conexión-desconexión.
- 60 Para superar el problema, el experto en la materia selecciona ajustar el efecto elástico por migración superficial o mediante impregnación de un modificador de fricción en una matriz termoplástica sólida con un punto de reblandecimiento elevado con el objetivo de reducir el valor del par de fuerzas de soporte sin alterar el par de fuerzas sobre la resistencia del estribo en función de la zona de carga y de proporcionar resistencia a la excoiación mecánica, incluso en el caso de rotura de la película más allá de un límite de carga (véanse, por ejemplo, los documentos
- 65 WO2010114168 y WO2012049194). Aunque el efecto se produce en la zona final y al final del apriete, la película lubricante se extrude fácilmente con abundancia de escamas debido a una combinación de factores atribuidos a la

selección de los polímeros termoplásticos que constituyen la matriz. El punto de reblandecimiento o el punto de fusión está comprendido preferentemente en el intervalo de 80 °C a 320 °C y es muy superior a la temperatura correspondiente a aquella a la que los componentes están expuestos durante el almacenamiento o el uso para prevenir que los polímeros recojan polvo y otros contaminantes debido a su naturaleza adherente. Además, los polímeros tales como una copoliamida de dímeros ácidos con un comportamiento termodinámico de tipo caucho hacen que la matriz sea muy cohesiva, oponiéndose a la fuerza de adhesión.

Como alternativa, el documento de patente WO2009057754 y, más recientemente, el documento de patente WO2012060472, han propuesto la producción de una capa fina de película lubricante con una consistencia pastosa o cerúlea (conocida como una película "semiseca") que comprende materiales que proporcionan resistencia a la fricción que depende de la presión del contacto. Estas soluciones usan un derivado de colofonia o resina sólida "adherente" con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C o un fluoruro de calcio, por ejemplo. El principio de frenado está, sin embargo, muy limitado, lo que se atribuye al hecho de que la matriz fuertemente viscosa contribuye a limitar el deslizamiento en la interfase metal-metal y, como resultado, se produce un aumento en el rozamiento. Además, la película delgada no está en estado sólido, lo que supone una desventaja durante el transporte, almacenamiento y uso (riesgo de contaminación). El documento 2007/042231 muestra una conexión roscada donde ambos extremos del tubo están recubiertos con películas termoplásticas secas que comprenden además una resina termoplástica líquida amorfa.

Basándose en esta observación, la presente invención se basa en un efecto sinérgico de las propiedades necesarias, aplicando dos revestimientos termoplásticos sólidos que tienen un coeficiente de fricción diferencial y un comportamiento termodinámico orientado uno hacia el otro, e independientemente de si es el extremo macho o hembra de la conexión. De esta forma, la presente invención propone obtener un par de fuerzas sobre la resistencia del estribo que es el 100 % o más del valor de referencia de la grasa API 5A3, conservando la película lubricante tanto tiempo como sea posible entre las superficies en contacto para garantizar el comportamiento de lubricación óptimo.

En particular, la presente invención se refiere a un conjunto para producir una conexión roscada, que comprende un primer y un segundo componente tubular, cada uno de los cuales con un eje de revolución y cada uno provisto en uno de sus extremos de una zona roscada producida en la superficie periférica interna o externa del componente dependiendo de si el extremo roscado es de tipo macho o hembra, siendo dichos extremos capaces de cooperar mediante conexión y terminando en una superficie terminal, proporcionándose al menos una segunda superficie de contacto sobre uno de los extremos y proporcionándose al menos una segunda superficie de contacto sobre el correspondiente extremo, de forma que las superficies de contacto primera y segunda entran en contacto durante la conexión de los extremos, caracterizado porque cada una de las primera y segunda superficies de contacto pueden estar recubiertas respectivamente con una primera y segunda películas termoplásticas secas, cuyas matrices están constituidas por uno o más polímeros termoplásticos, comprendido además solamente una de las primera y segunda películas termoplásticas secas una resina termoplástica amorfa líquida que tiene una viscosidad dinámica en el intervalo de 2000 a 40000 mPa.s a 25 °C.

Se definen a continuación características opcionales, complementarias, o de sustitución.

La primera y segunda superficies de contacto pueden tener una parte de las zonas roscadas.

La primera y segunda superficies de contacto pueden ser superficies de sellado provistas en la superficie perimetral de los extremos del primer y segundos componentes tubulares.

La primera y segunda superficies de contacto pueden ser superficies de soporte proporcionadas en las superficies terminales de dichos extremos.

El polímero o polímeros termoplásticos que constituyen la matriz de la primera y segunda películas secas pueden tener una estructura semicristalina y un punto de fusión en el intervalo de 60 °C a 170 °C.

El polímero o polímeros termoplásticos se puede seleccionar entre la lista definida por resinas copoliméricas que contienen copolímeros de etileno acetato de vinilo, copolímeros de etileno-acrilato de etilo, copolímeros de etileno-acrilato de metilo, copolímeros con bloques alternos de un polímero de acrilato de butilo amorfo comprendido entre dos polímeros de polimetacrilato de metilo cristalino y copoliamidas basadas en dímeros obtenidos a partir de una reacción de policondensación entre un diácido y una diamina.

El polímero o polímeros termoplásticos puede ser un copolímero de etileno-acetato de vinilo con una proporción de acetato de vinilo comprendida en el intervalo de 18 % al 40 %, preferentemente igual al 28 %.

El cociente de concentraciones entre la resina termoplástica amorfa líquida y los polímeros puede estar en el intervalo de 1,5 a 2.

La resina termoplástica amorfa líquida se puede seleccionar de la lista definida por derivados de ácido de colofonia esterificados con metanol o con trietilenglicol, resinas de hidrocarburo aromático con una masa molecular de menos de

500 g/mol, resinas de poliéster hidroxilado, poliisobutilenos y polimetacrilatos de alquilo.

Las películas termoplásticas secas pueden comprender además una o más ceras seleccionadas de la lista definida por parafinas, ceras microcristalinas, ceras de carnauba, ceras de polietileno, ceras de amida y aceites de ricino hidrogenados.

La proporción en peso de las ceras en la película termoplástica seca puede estar en el intervalo de 3 % al 20 %.

Las películas termoplásticas secas pueden comprender además partículas de lubricantes sólidos seleccionadas de la lista definida por grafito, nitruro de boro, óxido de cinc, disulfuro de molibdeno, fluoruro de grafito, sulfuros de estaño, sulfuros de bismuto, tiosulfatos, politetrafluoroetileno y poliamidas.

La proporción en peso de partículas de lubricante sólido en la película termoplástica seca puede estar en el intervalo de 2 % al 20 %.

Las películas termoplásticas secas pueden también comprender una sal de ácido alquilarilsulfónico compleja neutralizada con un carbonato de calcio, permaneciendo la proporción en peso por debajo del 40 %.

Las películas termoplásticas secas pueden también comprender un inhibidor de corrosión, preferentemente sílice de intercambio iónico con calcio, estando comprendida la proporción en peso del inhibidor de corrosión en el intervalo de 5 % al 15 % en peso.

Las películas termoplásticas secas pueden también comprender un aceite de polidimetilsiloxano o de perfluoropoliéter, teniendo dicho aceite una viscosidad cinemática en el intervalo de 100 a 1850 mm²/s a 20 °C, estando comprendida la proporción en peso de dicho aceite en el intervalo de 2 % al 10 %.

La primera y segunda superficies de contacto pueden estar previamente tratadas mediante una etapa de preparación de la superficie seleccionada entre el grupo que consiste en tratamiento con chorro de arena, tratamientos de conversión y deposición electrolítica, antes de revestir cada superficie con una película termoplástica seca.

Las características y ventajas de la invención se describirán más detalladamente en la descripción que sigue, que se ha realizado en referencia a las figuras acompañantes donde:

la Figura 1 es una vista esquemática de una conexión resultante de conectar dos componentes tubulares mediante una conexión; la Figura 2 es una vista esquemática de una curva de ensamblaje para dos componentes tubulares roscados;

las Figuras 3 a 7 representan curvas de resultados de ensayo;

la Figura 8 es una vista esquemática de una configuración de ensayo;

la Figura 9 es una vista esquemática de una configuración de configuración;

la Figura 10 es una vista esquemática de una configuración de ensayo.

La invención es para su aplicación a conexiones roscadas del tipo mostrado en la Figura 1. Este tipo de conexión comprende un primer componente tubular con un eje de revolución 10 provisto de una parte final macho 1 y un segundo componente tubular con un eje de revolución 10 provisto de una parte final hembra 2. Cada una de las partes finales 1 y 2 tiene una superficie terminal que está dispuesta perpendicular a su correspondiente eje de revolución 10 y están respectivamente provistas de una zona roscada 3 y 4 que coopera mutuamente para la conexión mutua de los dos componentes mediante ensamblado. Las zonas roscadas 3 y 4 pueden ser de tipo trapezoidal, autobloqueante, u otro tipo de rosca. Además, las superficies de sellado metal/metal 5, 6 previstas para entrar en contacto de sellado por interferencia entre sí tras conectar los dos componentes roscado mediante ensamblado están provistas respectivamente sobre las porciones finales macho 1 y hembra 2 cerca de las zonas roscadas 3, 4. La parte final macho 1 tiene una superficie terminal 7 que puede entrar en contacto contra una superficie correspondiente 8 provista sobre la parte final hembra 2 cuando los dos componentes se han introducido uno dentro del otro. La conexión también comprende dos superficies de sellado 5 and 6 dispuestas respectivamente sobre las partes finales 1 y 2 y previstas para entrar en un contacto de apriete con sellado cuando la conexión está ensamblada.

Dependiendo del tipo de acoplamiento o conexión, el estribo entre la superficie terminal 7 y la superficie correspondiente 8 también puede estar sustituido por una cooperación interferente autobloqueante de las zonas roscadas 3, 4 del tipo descrito, por ejemplo, en el documento US 4.822.081, US RE 30.467 o US RE 34467.

Dependiendo de los requisitos de diseño o de uso, las partes finales 1 y 2 de los componentes tubulares pueden estar parcial o totalmente revestidas. Como ejemplo, las zonas roscadas 3 y 4 pueden estar parcial o completamente revestidas. Este es también el caso de las superficies de sellado 5 y 6 y de las superficies de soporte cuando se

proporcionan en la superficie final 7, y en la superficie correspondiente 8.

Los investigadores analizarán a continuación la génesis y los detalles de la invención.

- 5 El comportamiento global de un sistema tubular roscado consiste en prevenir el desgaste adhesivo proporcionando suficiente separación entre las superficies en contacto mediante un lubricante suficiente y garantizando la estanqueidad a gases de la conexión en la zona de soporte.

- 10 La Figura 2 muestra una curva de ensamblado de una conexión, concretamente, el aumento del par de fuerzas en función del número de vueltas y del aumento de presión en la zona de contacto. Como se puede observar, un perfil de par de fuerzas de ensamblaje para conexiones "premium" se puede desglosar en cuatro partes.

- 15 Al principio del ensamblaje, la pendiente es pequeña porque los filetes externos del elemento roscado macho t (o "pasador") de un primer componente de una conexión tubular roscada no están aún en contacto de interferencia radial con los filetes internos de un correspondiente elemento roscado hembra (o "caja") de un segundo componente de esta misma conexión tubular roscada.

- 20 A continuación, la interferencia geométrica entre los filetes de los elementos roscados macho y hembra genera un aumento en la interferencia radial a medida que progresa el ensamblaje (generando de esta forma un par de fuerzas de ensamblaje pequeño, pero creciente).

A continuación, la pendiente de la curva aumenta, lo que corresponde a la aparición de interferencia radial entre las superficies de sellado o incluso entre los filetes. Esta parte finaliza cuando el de fuerzas de estriado, ShT, se alcanza.

- 25 La parte final termina cuando las superficies de soporte están en contacto axial y cuando el par de fuerzas de ensamblaje máximo admisible, MTV, se alcanza.

- 30 El par de fuerzas de ensamblaje máximo MTV, que corresponde a la terminación de la parte final, se conoce como par de fuerzas de plastificación. Más allá de este par de fuerzas de plastificación, se supone que el estribo de ensamblaje macho (parte final del elemento roscado macho) y/o el estribo de ensamblaje hembra (zona situada tras la zona de estriado anular del elemento roscado macho) se ha(n) sometido a deformación plástica, lo que debería degradar el comportamiento del contacto de sellado entre las superficies de sellado por plastificación también de las superficies de sellado.

- 35 La diferencia entre los valores del par de fuerzas de plastificación MTV y el par de fuerzas de estriado ShT de denomina como par de fuerzas sobre la resistencia de estriado. Una conexión tubular roscada está sometida a un apriete óptimo al final del ensamblaje, lo que garantiza una resistencia mecánica óptima de la conexión roscada, por ejemplo, contra las fuerzas de tracción, pero también contra la desconexión accidental durante el servicio, y también un comportamiento de sellado óptimo.

- 40 Un buen comportamiento se caracteriza en primer lugar por un par de estriado (ShT) que cumple la siguiente inecuación:

$$(3) \text{ ShT} < 0,56 \text{ MTV}$$

- 45 donde MTV: par de fuerzas máximo admisible.

La inecuación (3) se refiere a las siguientes inecuaciones:

- 50 $(1) \text{ ShT} < 0,70 \text{ OT}$

$$(2) \text{ OT} < 0,80 \text{ MTV}$$

donde OT: par de fuerzas óptimo.

- 55 Este comportamiento también se caracteriza por un par de fuerzas grande sobre la resistencia de estriado (ΔT) que genera energía suficiente en la parte de metal en contacto no roscada. Cumplir las inecuaciones (1) y (2) garantiza una gran flexibilidad a la hora de determinar el par de fuerzas de ensamblaje óptimo en función de la dimensión y la calidad de la conexión. Si al menos una de las inecuaciones no se cumple, surgen dos riesgos principales de debilitar el comportamiento de la conexión:

- 60
- el riesgo de deformar plásticamente una parte del estribo antes de haber terminado el ensamblaje en cuyo caso, el par de fuerzas sobre la resistencia del estribo es insuficiente y el par de fuerzas de ensamblaje es alto;
 - el riesgo de no tener soporte en la parte en contacto de metal no roscada y de tener un ensamblaje incompleto en cuyo caso, el par de estriado no cumple al menos una de las ecuaciones (1) a (3).
- 65

Actualmente, las grasas usadas para las conexiones, incluidas las grasas exentas de metales pesados, satisfacen este requisito y ofrecen excelentes prestaciones independientemente de las dimensiones y el grado de la conexión. De forma más precisa, las grasas de base oleosa, espesantes complejos y lubricación o sólidos metálicos combinan dos propiedades reológicas antagonistas pero complementarias: un comportamiento de flujo de baja fricción en la fase hidrodinámica, y un comportamiento "piezoviscoso" en la fase de lubricación a alta presión. La piezoviscosidad se corresponde a un aumento en la viscosidad del aceite base bajo presión. Más particularmente, esta propiedad es de utilidad en la lubricación de sistemas mecánicos donde la variación en la viscosidad del aceite dicta su correcto funcionamiento. Los dispositivos de velocidad variable, como se produce durante el ensamblaje, requieren aceites piezoviscosos debido a la dificultad de transmitir un par de fuerzas entre las piezas metálicas que no están en contacto y están sometidas a presiones elevadas.

También se han adelantado otras explicaciones, especialmente en el caso de las grasas API, lo que indica que metales tales como plomo y cobre generan una elevada resistencia al rozamiento agrietándose cuando la presión de contacto aumenta.

En el caso de revestimientos sólidos, este antagonismo se puede superar ajustando el coeficiente de fricción mediante una pluralidad de recubrimientos sólidos aplicados de diferentes formas en función de la zona de ensamblaje para realizar las diversas funciones de lubricación, resistencia a la excoiación mecánica, y sellado, y que están principalmente constituidas por lubricantes sólidos en un aglutinante de sacrificio termoendurecible. Los lubricantes sólidos también generan coeficientes de fricción en el intervalo de 0,02 a 0,12 dependiendo de la naturaleza química y de la estructura cristalina. La parte en contacto metálica no recubierta no roscada recibe simplemente una preparación superficial o una conversión química tal como fosfatado con cinc para aumentar artificialmente el valor de la fricción a presión elevada.

Otros enfoques satisfactorios de los revestimientos termoplásticos sólidos han contribuido a restaurar la baja fricción a velocidades elevadas y bajas presiones de contacto en los filetes (150 - 500 MPa), conservando un par de fuerzas sobre la resistencia de estriado que es mayor o igual al valor de referencia para la grasa API5A3. Con este fin, se aplica un único revestimiento a la zona tanto de roscado como de soporte, y comprende un material reorresistente tal como una resina sólida "adherente" con un punto de reblandecimiento comprendido en el intervalo de 60 °C a 200 °C o una resina de copoliamida combinada con una silicona o aceite lubricante perfluorado en una matriz viscoplastica primaria. Durante la formación de una película de lubricación, la migración superficial del aceite lubricante compensa el aumento del coeficiente de fricción resultante de la resistencia al movimiento bajo alta presión durante el ensamblado.

Sin embargo, la investigación de un elevado par de fuerzas sobre la resistencia de estriado está limitada por los elementos metálicos vinculados al volumen libre, a la interferencia entre las dos superficies en contacto, a las tolerancias del mecanizado, a la geometría de la conexión y, en particular, al espesor y la superficie de la zona de contacto en la parte de contacto metálica no roscada. El enfoque de la reorresistencia mediante materiales con resistencia natural al movimiento ha proporcionado, en algunos casos, evidencias de límites en la capacidad de la película de lubricación para reaglomerarse, concretamente para fluir en la región de carga y mantener la tercera superficie en contacto durante tanto tiempo como sea posible. Una consecuencia se basa en la formación de extrudatos y escamas obtenidos a partir del comportamiento fuertemente elástico o incluso elastomérico de una película de lubricación. Los extrudatos y escamas son perjudiciales porque suponen un riesgo de contaminación de los pozos, en particular, en el caso de pozos perforados que funcionan en el Mar del Norte y sometidos al convenio OSPAR (1998). La elevada resistencia al movimiento de los materiales termoplásticos (polímeros o resinas) con una estructura principalmente amorfa es el resultado de un elevado módulo elástico bajo carga de cizalladura/compresión y/o comportamiento vítreo en el dominio de carga/temperatura asociado con muchas interacciones intermoleculares secundarias (enlaces hidrófobos, enlaces de Van der Waals, enlaces de hidrógeno, enlaces polares) que refuerzan la cohesión en lugar de adherencia a las superficies.

Resulta que, en algunos casos, la inecuación (1) no se satisface a pesar de obtener un alto par de fuerzas sobre la resistencia de estriado.

Para aumentar la capacidad de la película de lubricación para cizallar y fluir en el campo de temperaturas y cargas, es posible utilizar ceras cristalinas o jabones metálicos cristalinos con comportamiento viscoplastico dúctil. Sin embargo, existe un riesgo elevado de reducir la carga de cizalladura, incluida bajo alta presión, y como resultado reducir la ventana de par de fuerzas que se puede usar para determinar el par de fuerzas de ensamblaje óptimo entre las interferencias de conexión altas y bajas.

De este modo, es preferible usar una resina termoplástica amorfa líquida que sea lo suficientemente viscosa para conservar la reserva de par de fuerzas mediante un efecto piezoviscoso suplementario bajo carga elevada y que sea lo suficientemente adhesiva y adherente para garantizar la reaglomeración de los residuos de la película lubricante que se forma.

Para superar los problemas de los revestimientos termoplásticos sólidos, la presente invención propone formar una tercera sustancia que puede corregir el antagonismo y sea capaz tanto de ampliar la ventana del par de fuerzas de ensamblaje y de prolongar la vida de la conexión.

- La innovación consiste en asociar dos revestimientos termoplásticos sólidos con comportamientos sinérgicos; al menos uno de estos comprende una resina termoplástica amorfa líquida con una viscosidad dinámica en el intervalo de 2000 a 40000 mPa.s a 25 °C. La Figura 3 muestra que si un producto A aplicado a la parte macho y a la parte hembra proporciona un par de estriado ShT bajo y un par de plastificación MTV bajo, y un producto B aplicado a la parte macho y a la parte hembra proporciona un par de estriado ShT alto y un par de plastificación MTV elevado, entonces, una conexión revestida con un producto A por una cara y B en la otra puede obtener un resultado sorprendente, concretamente, un par de estriado ShT bajo y un par de fuerzas de plastificación MTV alto.
- Para prevenir la excoiación mecánica en cada ensamblaje y para garantizar un sello de la conexión, se debe mantener una película de lubricación durante tanto tiempo como sea posible entre las superficies en contacto. La película de lubricación debe garantizar también una reserva cómoda de par de fuerzas para facilitar la determinación del par de fuerzas de ensamblaje óptimo independientemente del grado de la conexión (peso, diámetro) e independientemente del tipo de interferencia.
- La presente invención propone aplicar a cada una de las zonas de la conexión que se van a poner en contacto un revestimiento con una matriz compuesta por uno o más polímeros termoplásticos que son sólidos y secos (es decir, no adherentes al tacto), flexibles, adhesivos bajo carga, reorresistentes bajo alta presión y que demuestren buenas propiedades de lubricación.
- En solo una de las dos zonas de la conexión que se van a poner en contacto, el recubrimiento termoplástico sólido también comprende una resina termoplástica amorfa líquida con una viscosidad dinámica en el intervalo de 2000 a 40000 mPa.s a 25 °C.
- El recubrimiento termoplástico, junto con la resina termoplástica amorfa líquida, también pueden comprender lubricantes sólidos para mejorar las propiedades de lubricación y ceras para ajustar la carga de cizalladura y las propiedades termomecánicas.
- El polímero termoplástico tiene ventajosamente una estructura semicristalina y un punto de fusión o punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 170 °C. Si el punto de fusión del polímero termoplástico es demasiado alto, resulta difícil aplicar el recubrimiento en su estado fundido, como en el caso de recubrimientos que implican un proceso denominado como "fundido en caliente". Si el punto de fusión es demasiado bajo, la película de lubricante sólido se reblandece cuando se expone a temperaturas elevadas, tales como en regiones tropicales o en verano en las regiones templadas, lo que puede dar como resultado una degradación del comportamiento.
- En particular, los polímeros termoplásticos que se pueden usar son resinas copoliméricas que contienen grupos polares tales como copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-acrilato de etilo, copolímeros de etileno-acrilato de metilo, y también copolímeros con bloques alternos de un polímero de acrilato de butilo amorfo entre dos polímeros de polimetacrilato de metilo cristalino, y donde la proporción de polímero amorfo es más de un 70 %.
- Los polímeros termoplásticos semicristalinos pueden ser también copoliamidas basadas en dímeros (polímero fundido en caliente) obtenido a partir de una reacción de policondensación entre un diácido (ácido adípico, ácido sebácico, ácido dodecanoico, ácido tereftálico) y una diamina (etilendiamina, hexametildiamina, piperazina, polioxialquilendiamina, aminas aromáticas, diamina dimérica, diaminas ramificadas). Las copoliamidas se seleccionan por su capacidad de adherirse mediante anclado mecánico en los soportes porosos y, principalmente, por sus funciones amida sobre soportes polares. Las copoliamidas basadas en dímeros también se seleccionan por su "propiedad" de reorresistencia. Las copoliamidas basadas en dímeros tienen una temperatura de transición vítrea comprendida entre intervalo de -55 °C a 25 °C, preferentemente inferior a -20 °C, proporcionando un comportamiento tipo caucho en el intervalo de temperatura y de carga que es representativo del ensamblaje. La matriz termoplástica puede comprender solamente una o una mezcla de copoliamidas basadas en dímeros en una concentración en el intervalo del 20 % al 70 % de la masa de la película de lubricación.
- Para que sea ligero y flexible, el copolímero termoplástico tendrá una resistencia a la tracción menor de 10 MPa, una elongación de rotura en el intervalo de 10 % to 1100 %, preferentemente una elongación de rotura menor del 600 %. El copolímero termoplástico, preferentemente un copolímeros de etileno-acetato de vinilo, tendrá una proporción de acetato de vinilo en el intervalo de 18 % a 40 %. Una pequeña proporción de acetato de vinilo mejora la compatibilidad con el resto de componentes de la matriz, especialmente las ceras. Una proporción elevada de acetato de vinilo aumenta la solubilidad, mejora la flexibilidad y la resistencia de la película. Se prefiere un copolímero de etileno-acetato de vinilo con una proporción de acetato de vinilo del 28 %.
- Puesto que la matriz termoplástica puede ser adhesiva bajo carga, el copolímero termoplástico semicristalino se compatibiliza de manera general con una resina sólida "adherente". La resina "adherente" proporciona adherencia y viscosidad por encima de la temperatura de reblandecimiento. La mezcla proporcionará adherencia suficiente si el módulo elástico G' es menor de 10^7 Pa en la región de carga y temperatura y demasiada si el módulo es menor de 10^6 Pa, como en el caso de un adhesivo sensible a la presión (PSA), que pondría en riesgo la capacidad de la película para no recoger polvo y contaminantes. En otros casos, sería posible seleccionar un polímero termoplástico cuyo mecanismo de adhesión fuera el anclado mecánico.

La resina "adherente" sólida tiene un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C, preferentemente mayor que la de un polímero termoplástico, para aumentar el módulo elástico, la viscosidad o la rigidez de la mezcla en función del intervalo de temperatura, y como consecuencia del coeficiente de fricción. Después de haber mezclado la resina con el polímero fundido, la resina queda intercalada, aumenta las interacciones intermoleculares y desorganiza la estructura cristalina del polímero. El cociente entre el polímero y la resina está comprendido preferentemente en el intervalo de 20/80 a 40/60 y la fracción de la estructura amorfa en la matriz termoplástica es superior al 50 % para ajustar propiedad de "reorresistencia". A medida que la fracción de estructura amorfa de un material o mezcla termoplástica aumenta, la "reorresistencia", medida con respecto al valor para una grasa de referencia API5A3 mediante un ensayo Bridgman, aumenta casi asintóticamente.

En particular, las resinas "adherentes" sólidas que se pueden usar son derivados de ácido de resina o de ácido de colofonia esterificados con glicerina, pentaeritritol o ácido de colofonia polimerizado, o resinas de terpeno, politerpeno o de terpeno fenólicas, resinas de terpeno-estireno. Incidentalmente, se pueden usar resinas de hidrocarburos alifáticos y/o aromáticos porque su elevada hidrofobia proporciona una resistente resistencia a la humedad y reduce la permeabilidad al vapor de agua.

Para ajustar las propiedades reológicas a la aplicación, es preferible formar una mezcla de polímeros termoplásticos, resina "adherente" sólida y ceras con diferentes puntos de fusión o puntos de reblandecimiento en un amplio intervalo de temperaturas. Una cera no tiene solamente efectos para prevenir la excoiación mecánica reduciendo la carga de cizalladura, y, como resultado, el coeficiente de fricción, pero también contribuye a aumentar la fluidez de la matriz en estado fundido y de reducir la adherencia del revestimiento que se forma. Las ceras pueden ser minerales (ceras de parafina o microcristalinas), vegetales (cera de carnauba) o de origen sintético (ceras de polietileno, ceras de amida o ceras de aceite de ricino hidrogenado). Es preferible una mezcla de cera microcristalina con una alta penetrabilidad y un aceite de ricino hidrogenado para aumentar la adherencia y la ductilidad de la matriz. Una proporción de ceras mayor del 20 % en peso en el recubrimiento podría reducir drásticamente la "reorresistencia". Se necesita un mínimo del 3 % en peso de cera para observar los efectos anteriormente descritos.

Para aumentar las propiedades de lubricación, la matriz termoplástica puede contener adicionalmente diferentes partículas lubricantes sólidas. La expresión "lubricante sólido" tal como se usa en el presente documento significa una sustancia sólida estable que, cuando se intercala entre dos superficies de fricción, puede reducir el coeficiente de fricción y reducir el desgaste y el daño de las superficies. Estas sustancias se pueden clasificar en diferentes categorías definidas por su mecanismo funcional y su estructura, concretamente:

- clase 1: sustancias sólidas que deben sus propiedades lubricantes a su estructura cristalina, por ejemplo, grafito, nitruro de boro u óxido de cinc;
- clase 2: cuerpos sólidos que deben sus propiedades lubricantes a su estructura cristalina y también a un elemento químico reactivo en su composición, por ejemplo, disulfuro de molibdeno MoS₂, fluoruro de grafito, sulfuros de estaño o sulfuros de bismuto;
- clase 3: sustancias sólidas que deben sus propiedades lubricantes a su la reactividad química, por ejemplo, determinados compuestos químicos de tipo tiosulfato;
- clase 4: sustancias sólidas que deben sus propiedades lubricantes a un comportamiento plástico o viscoplastico bajo carga de fricción, por ejemplo, politetrafluoroetileno (PTFE) o poliamidas.

Se puede usar cada una de las clases de lubricantes sólidos; en particular, se puede usar al menos un sólido lubricante con efecto de película laminar de la clase 1, de manera que no interfiera con el resto de propiedades. Sin embargo, es preferible usar una combinación de varios lubricantes sólidos de una clase diferente para aumentar la propiedad en función del tipo de superficie. Para un acero al carbono revestido con un depósito electrolítico de una aleación de Cu-Sn-Zn, sería preferible utilizar una combinación de un sólido lubricante de clase 2 con un compuesto químico azufrado para la absorción de sustancias químicas, y un lubricante sólido de la clase 4 para ajustar el comportamiento plástico bajo carga de fricción. La proporción de partículas lubricantes sólidas en la película de lubricación está en el intervalo de 2 % al 20 % en peso.

Para mejorar la ductilidad, el efecto contra la excoiación mecánica y protector de la corrosión, es posible añadir una sal compleja de un ácido orgánico aromático, preferentemente un ácido alcarilsulfónico neutralizado con un carbonato de calcio disperso como micropartículas coloidales en un aceite. El metal alcalino o sal de metal alcalinotérreo está en exceso, de forma que la alcalinidad está en el intervalo de 250 a 450 mg KOH/g. A temperatura ambiente, esta sustancia genera una película que es a la vez hidrófoba para un efecto de barrera protectora contra el mecanismo de corrosión, y que lubrica por una parte mediante absorción del exceso de sal metálica y, por la otra mano, mediante una absorción química de la función de ácido orgánico sobre la superficie metálica. La concentración de sal de ácido orgánico aromático complejo no debe superar el 40 % en peso de la mezcla termoplástica. La película de lubricación se convierte en semisólida si la concentración supera el 40 % en peso de la matriz termoplástica.

Para reforzar el efecto de barrera y las propiedades anticorrosión, la matriz termoplástica puede contener un inhibidor

de la corrosión como una sílice de intercambio iónico con calcio. La concentración de sílice de intercambio con calcio en la película de lubricación está en el intervalo de 5 % al 15 % en peso.

Concretamente, para evitar el fenómeno del "estribado alto", es preferible reducir significativamente el coeficiente de fricción para cargas de fricción bajas (150 - 500 MPa) generadas por las interferencias entre los filetes y la superficie en el momento del estribado. Para reducir el coeficiente de fricción, es preferible usar un modificador de la fricción que no sea compatible con el resto de las sustancias de la matriz para facilitar la migración superficial y para no alterar el valor de la "reorresistencia". Los modificadores de fricción que se pueden usar son aceites con un coeficiente de fricción bajo (polidimetilsiloxano o perfluoropoliéter) con una viscosidad cinemática en el intervalo de 100 a 1850 mm²/s a 20 °C. La proporción de aceite de polidimetilsiloxano está en el intervalo de 2 % a 10 % en peso del revestimiento.

Finalmente, el recubrimiento termoplástico sólido puede contener hasta un 2 % en peso de otros aditivos tales como agentes mojantes, agentes dispersantes, colorantes, o, en particular, antioxidantes para mantener la estabilidad térmica de los polímeros y de las resinas termoplásticas en un medio oxidante.

El solicitante ha demostrado el rendimiento de la asociación de los dos recubrimientos sólidos termoplásticos; al menos uno de los cuales comprende una resina termoplástica amorfa líquida, de acuerdo con la invención. Con este fin, el solicitante ha llevado a cabo ensayos comparativos entre recubrimientos convencionales y recubrimientos de acuerdo con la invención, estando estos ensayos destinados por una parte a evaluar los pares de fuerzas de ensamble mediante un ensayo Bridgman y, por la otra, para evaluar los coeficientes de fricción mediante un ensayo Scratch.

El tribómetro de Bridgman modificado se puede usar para evaluar el par de fuerzas y el coeficiente de fricción de las superficies en contacto bajo altas presiones de Hertz. El dispositivo de ensayo Bridgman se ha descrito en particular en el artículo de D Kuhlmann-Wilsdorf et al, "Plastic flow between Bridgman anvils under high pressures", J. Mater. Res., vol. 6, n.º 12, diciembre de 1991. Se muestra en la Figura 10 un ejemplo esquemático y funcional de una máquina Bridgman. Esta máquina comprende:

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

Para someter a ensayo una composición lubricante, dos piezas de un material idéntico al que constituye un elemento roscado se cubren con dicha composición para formar la primera S1 y segunda S2 probetas. A continuación, la primera probeta S1 se intercala entre las caras libres del primer EC1 y tercer EC3 yunques, y la segunda probeta S2 entre las caras libres del segundo EC2 y cuarto EC4 yunques. A continuación, el disco DQ se hace girar a una velocidad seleccionada aplicando una presión axial P seleccionada (por ejemplo, de aproximadamente 1,5 GPa) con al menos uno del primer EP1 y segundo EP2 elementos de presión, y el par de fuerzas de ensamble al que cada probeta S1, S2 está sometida se determina. La presión axial, la velocidad de rotación y el ángulo de rotación se seleccionan en el ensayo Bridgman de forma que simulen la presión de Hertz y la velocidad relativa de las superficies de soporte al final del ensamble. Usando este tipo de máquina, es posible fijar varias parejas de parámetros (par de fuerzas de ensamble, velocidad de rotación) para imponer pares de fuerzas de ensamble predeterminados sobre las probetas S1 y S2, y comprobar de esta forma si estas probetas S1 y S2 se ajustan estrechamente a un perfil de par de fuerzas de ensamble dado y, en particular, si pueden alcanzar un número de vueltas completo antes de la exoriación mecánica que se al menos igual a un valor umbral seleccionado con respecto al par de fuerzas de ensamble seleccionado.

En este caso, la presión de contacto seleccionada se aumentó hasta 1 GPa y la velocidad de rotación se aumentó hasta 1 rpm. Las probetas de ensayo eran de acero al carbono, mecanizadas y posteriormente recubiertas con diferentes formulaciones de película seca.

El dispositivo de ensayo Scratch, mostrado esquemáticamente en la Figura 8, permite determinar la fuerza de adhesión de una película sobre una superficie o preparación de la superficie. Este método, que consiste en estirar y deformar una película con una perla esférica sometida a una carga creciente, también permite determinar dos

parámetros tribológicos que son importantes para la resistencia al desgaste, concretamente, el coeficiente de fricción y la carga crítica correspondiente a la aparición de una pérdida de cohesión de la película.

Las condiciones experimentales utilizan una perla esférica formada de carburo de tungsteno con un diámetro de 5 mm y una probeta metálica formada de acero al carbono XC o Z20C13 con una rugosidad Ra menor de 1 micrómetro, con una preparación de la superficie opcional que puede ser, respectivamente, chorro de arena, fosfatado con cinc o manganeso, y un depósito electrolítico ternario Cu-Sn-Zn. Los parámetros del modo de operación incluyen una carga creciente de 10 N a 310 N (con una velocidad de aumento de la carga de 15 N/s), una velocidad de desplazamiento de la cuenta de 2 mm/s, una duración de 20 s y una longitud de pista de 40 mm.

Los ensayos se llevaron a cabo en un recubrimiento termoplástico sólido que comprende una matriz termoplástica compuesta por un copolímero de etileno-acetato de vinilo, un ácido de colofonia esterificado con glicerina con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C, ceras y un aceite de polidimetilsiloxano. Este último demostró un coeficiente de fricción de 0,07 a 0,08 bajo cargas de baja presión (aproximadamente 200 MPa) y un valor de "reorresistencia" en el intervalo de 90 % al 100 % del valor de una grasa API5A3 de referencia. En el caso de ensamblar una conexión de 7 pulgadas (17,8 cm) 29# CS L80 VAM TOP HC donde el recubrimiento termoplástico sólido se aplica simétricamente a la parte macho y hembra, las propiedades reotribológicas de dicho recubrimiento significan que se pueden cumplir las reglas de ensamblaje, concretamente un par de estriado 70 % inferior al par de fuerzas de ensamblaje óptimo definido para la conexión, y menos de un 56 % del par de fuerzas de ensamblaje máximo pero el valor absoluto del par de fuerzas de ensamblaje máximo, determinado independientemente de las interferencias de mecanizado (LL-PNBN o HH - PFBS) queda por debajo del par de fuerzas de ensamblaje de la conexión de referencia de alto "Par de fuerzas" VAM TOP para la misma dimensión (par de fuerzas de ensamblaje "máx. del recubrimiento" definido en el VAM Running Book), como puede observarse en la Figura 4. La Figura 4 muestra esquemáticamente, en forma de histograma, valores para el par de fuerzas vertical con respecto al par de fuerzas de ensamblaje con un peso de 420 kg.

En comparación, un recubrimiento termoplástico sólido que comprende una matriz termoplástica compuesta principalmente de copoliamidas basadas en dímeros, una cera de amida y un aceite de polidimetilsiloxano que tiene un coeficiente de fricción de 0,12 en las mismas condiciones que anteriormente, y un valor de "reorresistencia" mayor del 105 % del valor de una grasa API5A3 de referencia. En el caso de ensamblar una conexión de 7 pulgadas 23# CS L80 VAM21 donde el recubrimiento termoplástico sólido se aplica a la parte hembra y un protector de resina epoxiacrítica como se describe en el documento W02010140703 se aplica a la parte macho, las buenas propiedades reotribológicas de dicho recubrimiento no satisfarían las reglas de ensamblaje con un par de fuerzas de ensamblaje óptimo de 17700 N.m. La película de lubricante era especialmente viscoelástica bajo carga de fricción, lo que afectó la reserva de par de fuerzas, como se aumenta tanto por el aumento en el par de estriado y la reducción en el par de fuerzas sobre la resistencia de estriado para aumentar las interferencias de mecanizado. Esta elevada viscoelasticidad no permite que la película de lubricante fluya y se adhiera a la zona de carga. La película lubricante se extrude del contacto, dejando que aparezca metal sin proteger en una fase limitante de la lubricación. La excoiación mecánica se produce rápidamente en 5 operaciones sucesivas de conexión/desconexión.

Para evaluar la mejora en los comportamientos globales de la conexión recubierta, en una realización de la invención, se aplica un recubrimiento termoplástico que comprende una resina termoplástica amorfa a la otra parte de la conexión.

De acuerdo con la invención, se puede usar una resina termoplástica amorfa líquida en una matriz termoplástica provistas de una propiedad de "reorresistencia" para adaptar las propiedades termomecánicas de forma que se incremente la capacidad de la película de lubricación para cizallar y fluir en la zona de carga/temperatura.

En este caso, las propiedades termomecánicas se determinaron mediante un análisis termodinámico de compresión/cizalladura (DMTA) usando un aparato "TTDMA TI 01423" suministrado por Triton Technologie. Esta temperatura se aumentó de -100 °C a 100 °C en 2 °C/min; la frecuencia de tracción fue de 1 Hz y la deformación se impuso en la región lineal.

La Figura 5 muestra el cambio, en el modo de cizalladura, del módulo elástico (G') y el módulo viscoso (G'') de una película de lubricación que comprende un polímero termoplástico de copoliamida del tipo basado en dímeros con y sin resina termoplástica amorfa líquida. El módulo elástico (o módulo de conservación) se expresa en Pa y representa la parte real de módulo complejo M^* . El módulo viscoso (o módulo de pérdida) representa la parte imaginaria del módulo complejo M^* .

La variación en el módulo elástico G' de un material que comprende una resina termoplástica amorfa líquida da como resultado un desplazamiento en el punto de reblandecimiento y en el punto de vertido a temperaturas más bajas. El aumento en el módulo viscoso G'' da como resultado una mayor disipación de energía en forma de calor durante la cizalla, que es característica de un aumento en su "reorresistencia" por un efecto de reblandecimiento.

Además, la propiedad de "reorresistencia" se confirma por una medición 130 % mayor que el volumen de una grasa API5A3 de referencia determinada utilizando el ensayo Bridgman,

Al mismo tiempo, la variación en el coeficiente de fricción en función de la carga creciente medida utilizando en ensayo Scratch de la Figura 6 indica que el valor del coeficiente de fricción generalmente aumenta con la carga cuando la película de lubricación es "reorresistente". Por el contrario, un recubrimiento termoplástico de referencia que es completamente cristalino (descrito en la patente WO2009072486) se caracteriza por un coeficiente de fricción estable o incluso decreciente. La Figura 6 representa el cambio en el coeficiente de fricción en función del aumento de carga.

Las resinas termoplásticas amorfas líquidas que se pueden usar son derivados de ácido de colofonia esterificado con metanol o trietilenglicol, resinas de hidrocarburo aromático con una masa molecular de menos de 500 g/mol, resinas de poliéster hidroxilado, poliisobutilenos o polimetacrilatos de alquilo. La resina líquida debe tener una viscosidad dinámica en el intervalo de 2000 a 40000 mPa.s a 25 °C (medida con un viscosímetro Bloomfield). Una viscosidad dinámica superior a 40000 mPa.s a 25 °C no presenta mejoras en las propiedades termodinámicas. La resina termoplástica amorfa líquida debe tener una temperatura de transición vítrea menor de -10 °C, preferentemente menor de -20 °C. La concentración de la resina termoplástica amorfa líquida en la matriz termoplástica está en el intervalo de 40 % al 60 %. Preferentemente, de nuevo, el cociente de concentraciones entre la resina líquida y el polímero puede estar en el intervalo de 1,5 a 2. Un cociente menor de 1,5 reduce la adhesión, mientras que un cociente mayor de 2 acentúa la captura de polvo y contaminantes (por ejemplo, arena) por parte de la película formada para una temperatura de almacenamiento superior a 50 °C.

En el caso de ensamblar una conexión de 7 pulgadas (17,8 cm) 23# CS L80 VAM 21 en donde el recubrimiento termoplástico sólido contiene una resina termoplástica amorfa líquida del tipo de ácido de colofonia esterificado con metanol se aplica simétricamente a la parte macho y hembra, el cambio en el comportamiento termomecánico de la película de lubricación, concretamente, una mayor capacidad de fluir durante la carga de ensamblado y para el intervalo de temperatura, significa que la formación de extrudatos y escamas puede estar notablemente limitada. Al mismo tiempo, el efecto de "reorresistencia" suministrado por la resina termoplástica amorfa líquida se manifiesta positivamente por un aumento en el par de fuerzas de ensamblaje máximo (MTV) y negativamente por un aumento en el par de estriado. El valor del par de estriado es algo mayor del 70 % del valor del par de fuerzas de ensamblaje óptimo y aumenta con la conexión/desconexiones. De este modo, recubrir las superficies que entran en contacto en forma simétrica, es decir, todo con un recubrimiento termoplástico sólido que contiene una resina termoplástica amorfa líquida, no está recomendado.

De acuerdo con la invención, una configuración en la cual las superficies macho y hembra que entran en contacto están revestidas con un recubrimiento termoplástico sólido, uno de los cuales comprende una resina termoplástica amorfa líquida muestra un efecto sinérgico que se manifiesta por un comportamiento termomecánico mejorado y una ampliación de la ventana del par donde las inecuaciones (1), (2) y (3) anteriormente analizadas se cumplen.

Para ilustrar el comportamiento termomecánico ventajoso de la tercera sustancia, una mezcla de partes iguales de dos recubrimientos con diferentes composiciones, al menos una de las cuales contiene una resina termoplástica amorfa líquida se comparó con una referencia correspondiente a un recubrimiento termoplástico que contiene una resina "adherente" sólida que se aplicó simétricamente a las dos partes de la conexión. La Figura 7 muestra que el módulo elástico G' de la mezcla (denotada Sinergia en la Figura 7) es menor que el de la referencia (denotada Simétrica en la Figura 7). Esto es análogo para el módulo viscoso G'' . La tercera sustancia obtenida era de un tipo que conciliar las propiedades termodinámicas de cada uno de los recubrimientos con el objetivo de incrementar el rendimiento global. Módulos más pequeños y el mantenimiento del cociente entre los módulos G'' y G' da como resultado una menor resistencia a la cizalladura y la conservación de la propiedad de reorresistencia.

El solicitante también ha llevado a cabo varios ensayos para cuantificar el rendimiento de la asociación de los dos recubrimientos termoplásticos sólidos, al menos uno de los cuales comprende una resina termoplástica amorfa líquida de acuerdo con la invención.

En términos de condiciones experimentales, el recubrimiento termoplástico se conforma usando un método de "fusión en caliente" sobre la pieza a recubrir, concretamente, la zona roscada, la parte no roscada en contacto con metales, y/o las superficies de soporte.

De acuerdo con el método de "fundido en caliente", la composición que comprende una matriz termoplástica, aditivos y polvos se funde para proporcionar una viscosidad suficientemente baja para que el recubrimiento se puede aplicar mediante pulverización neumática usando una pistola con la capacidad de mantener una temperatura fija cercana a la temperatura en la cual la composición está en estado fundido. La temperatura a la que la composición se calienta está preferentemente en el intervalo de 10 °C a 50 °C por encima del punto de fusión de la matriz termoplástica. De manera ventajosa, la temperatura estará en el intervalo de 130 °C a 160 °C de forma que la viscosidad bajo cizallamiento compleja (medida usando un reómetro plano/plano) es menor de 20 Pa.s. El sustrato a recubrir preferentemente se precalienta hasta una temperatura mayor o igual a la temperatura de la composición fundida para facilitar la humectación y la diseminación.

La composición, calentada y fundida en un depósito provisto de medios de agitación mecánica, se encía a una pistola mediante una bomba y se pulveriza sobre el sustrato.

A continuación, el sustrato se enfría con aire o CO₂ para solidificar la matriz termoplástica y formar la película de lubricación termoplástica sólida.

El espesor de la película de lubricación formada está preferentemente en el intervalo de 25 a 100 µm. Si fuera más delgada, no sería lo suficientemente gruesa para proporcionar la propiedad contra la excoiación mecánica, así como la resistencia a la corrosión. Un espesor superior a este intervalo genera la extrusión natural del exceso y un riesgo suplementario de contaminación ambiental.

Como alternativa, la composición se puede disolver en un disolvente orgánico con un punto de ebullición superior a 150 °C para su aplicación directa a un sustrato frío sin pasar por una etapa para fundir la matriz termoplástica. La película de lubricación termoplástica sólida se aplica preferentemente a continuación a una superficie rugosa. La Figura 9 muestra esquemáticamente una configuración de la conexión que comprende un sustrato 100 o 200, una preparación 101, 201, 203 de la superficie y la película de lubricación 101 o 102 termoplástica sólida. Una superficie rugosa aumenta el área de la superficie de contacto y, como resultado, aumenta la adhesión y la capacidad de retención de lubricante en especial en la fase limitante de la lubricación. La rugosidad de la superficie se puede obtener mediante tratamiento mecánico con chorro de arena del cero, o por medio de una preparación de la superficie usando conversión química, tal como fosfatado con cinc o manganeso.

Preferentemente, la rugosidad promedio, Ra, está en el intervalo de 1 a 3,5 µm, y la altura máxima de pico o Rmax está en el intervalo de 5 a 25 µm.

El espesor de la película formada deber ser, como mínimo, mayor que la altura máxima de pico o Rmax.

El sustrato se puede formar a partir de acero al carbono o un acero inoxidable con al menos un 13 % de Cr. Para aumentar la resistencia a la excoiación mecánica del acero y, especialmente, del acero inoxidable con al menos un 13 % de Cr, un depósito electrolítico de cobre o, preferentemente, una aleación ternaria de Cu-Sn-Zn se puede depositar sobre una capa de Ni en la superficie del sustrato. Un depósito electrolítico de Cu-Sn-Zn aumenta la dureza y garantiza la separación de las superficies macho y hembra suplementarias de la zona de contacto para evitar la excoiación mecánica.

De manera ventajosa, al menos una de las dos superficies en contacto se somete a un chorro de arena mecánico (203) con una profundidad máxima en el intervalo de 10 a 25 µm.

En primer lugar, el solicitante demostró los efectos de la presente invención utilizándola con varios tipos de conexiones (denotadas de Ejemplo 1 a Ejemplo 2) y mediante la comparación de estas variaciones con conexiones recubiertas con películas convencionales (denotadas ejemplos comparativos 1 a 6).

El grado y las dimensiones de la conexión de acero al carbono y el detalle de la preparación de la superficie macho o hembra se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Ejemplos	Conexión	Preparación de la superficie	
		Parte macho	Parte hembra
Ejemplo n.º 1	7" (17,8 cm) 29# L80 VAM TOP	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Fosfatado con manganeso (Rmax = 11 µm)
Ejemplo n.º 2	9"5/8 (24,5 cm) 47# L80 VAM TOP	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Depósito electrolítico de Cu-Sn-Zn + capa de Ni (Th = 12 µm)
Ejemplo comparativo n.º 1	7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Fosfatado con manganeso (Rmax = 11 µm)
Ejemplo comparativo n.º 2	7" (17,8 cm) 29# L80VAM TOP	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Fosfatado con manganeso (Rmax = 11 µm)
Ejemplo comparativo n.º 3	9"5/8 (24,5 cm) 47# L80 VAM TOP	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Depósito electrolítico de Cu-Sn-Zn + capa de Ni (Th = 12 µm)
Ejemplo comparativo n.º 4	7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Fosfatado con manganeso (Rmax = 11 µm)
Ejemplo comparativo n.º 5	7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Fosfatado con manganeso (Rmax = 11 µm)
Ejemplo comparativo n.º 6	7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21	Fosfatado con cinc (Rmax = 5 µm)	Depósito electrolítico de Cu-Sn-Zn + capa de Ni (Th = 12 µm)

dónde: Rmax: altura máxima de pico, y Th: espesor de la capa

La composición de las películas de lubricante se muestra en la Tabla 2 para cada ejemplo y ejemplo comparativo. Los porcentajes se indican con respecto al peso de la composición total.

Para ilustrar los efectos de la presente invención, en particular, la ampliación de la ventana del par, el solicitante

determinó el par de fuerzas sobre la resistencia de estriado máximo antes de la plastificación (o exceso de par). Para ilustrar los efectos de la presente invención sobre la resistencia a la excoiación mecánica, el solicitante determinó el número de operación de conexión/desconexión realizada al par de fuerzas de ensamblaje de la conexión y el valor promedio del par de estriado. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

En cada ensayo, el ensamblaje se realizó con las tenazas en posición vertical con un peso de 420 kg. Los ensamblajes se llevaron a cabo 10 veces y un ensamblaje se llevó a cabo a una velocidad de 10 y 15 vueltas por minuto al principio del ensamblaje y a una velocidad de 1 y 2 vueltas por minuto al final del ensamblaje en la zona de estriado. Tras la desconexión, se inspeccionó visualmente el estado de excoiación de las partes macho y hembra. La presencia de escamas o extrusión, que corresponde a una baja capacidad de la tercera sustancia para reaglomerarse durante el contacto, era sinónimo de un comportamiento mecánico inadecuado.

Ejemplo n.º 1: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que no contiene una resina termoplástica amorfa líquida, sino en su lugar, una resina "adherente" sólida con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C se aplicó a la parte hembra y un recubrimiento termoplástico sólido cuya matriz comprende una resina termoplástica amorfa líquida se aplicó a la parte macho de una conexión 7" (17,8 cm) 29# L80 VAM TOP. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 17750 N.m. Se midió un aumento del 80 % en la ventana del par de fuerzas, sin efectos sobre el par de estriado en comparación con el ejemplo comparativo n.º 2. Sin extrusión o formación de escamas, lo que indica que se produjo un efecto sinérgico en el comportamiento termomecánico de reaglomeración de la tercera sustancia. No se observó excoiación mecánica intensa después de 10 operaciones de conexión/desconexión.

Ejemplo n.º 2: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que no contiene una resina termoplástica amorfa líquida, sino en su lugar, una resina "adherente" sólida con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C se aplicó a la parte hembra y un recubrimiento termoplástico sólido cuya matriz comprende una resina termoplástica amorfa líquida se aplicó a la parte macho de una conexión 9 5/8" (24,5 cm) 47# L80 VAM TOP. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 19200 N.m. Un aumento del 13 % en la ventana del par de fuerzas y un aumento significativo en el par de fuerzas sobre la resistencia de estriado del 60 % confirmó el efecto sinérgico. También fue visible un aumento global en la protección contra la excoiación. No se observó excoiación mecánica después de 10 operaciones de conexión/desconexión.

Ejemplo comparativo n.º 1: Una grasa viscosa Bestolife 4010NM que no contenía metales pesados que son peligrosos para el medio ambiente, como el plomo, se aplicó a la parte macho y la parte hembra de una conexión de 7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21 para formar una película de lubricación. La cantidad de grasa aplicada a las superficies en contacto fue de 50 g. El par de fuerzas sobre la resistencia de estriado máximo antes de la plastificación determinado mediante el ensayo de exceso de par para interferencias de mecanizado altas (HH - PFBS) fue 13950 N.m. El par de fuerzas sobre la resistencia de estriado para cada ejemplo se comparó con este valor de referencia de 100. Las conexiones/desconexiones se concatenaron, renovando la grasa entre ensamblados, y se llevaron a cabo al par de fuerzas de ensamblaje óptimo, especialmente 16400 N.m. No se observó excoiación mecánica después de 10 operaciones de conexión/desconexión sobre la conexión.

Ejemplo comparativo n.º 2: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que no contiene una resina termoplástica amorfa líquida, sino en su lugar se aplicó una resina "adherente" sólida con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C a las partes macho y hembra de una conexión de 7" (17,8 cm) 29# L80 VAM TOP. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 16000 N.m. Para evaluar la capacidad de la película de lubricación para proteger el sustrato o la preparación de la superficie contra la corrosión, se aplicó el recubrimiento termoplástico a probetas (100 mm x 150 mm x 0.8 mm) formadas de acero al carbono con la misma preparación de superficie. Las probetas se sometieron a un ensayo de niebla salina (según la norma ISO 9227, temperatura 35 °C durante 500 horas), un ensayo en atmosfera de agua en condensación (según la norma ISO 6270, temperatura 40 °C, humedad relativa del 95 % durante 1000 horas) y un ensayo climático acelerado o de corrosión cíclica representativo de condiciones de almacenamiento extremas (según la norma VDA 621-415, durante 3 ciclos). No se observó óxido al cabo de los tres ensayos.

Ejemplo comparativo n.º 3: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que no contiene una resina termoplástica amorfa líquida, sino en su lugar una resina "adherente" sólida con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C se aplicó a la parte hembra y una resina de epóxido-acrílico curada con luz ultravioleta que comprende una cera de polietileno y un inhibidor de la corrosión de tipo polifosfato de aluminio se aplicó a la parte macho de una conexión de 9 5/8" (24,5 cm) 47# L80 VAM TOP. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 18900 N.m. No se observó óxido al cabo de los tres ensayos, concretamente niebla salina, atmósfera de agua en condensación y corrosión cíclica.

Ejemplo comparativo n.º 4: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que no contiene una resina termoplástica amorfa líquida, sino en su lugar se aplicó una resina "adherente" sólida con un punto de reblandecimiento en el intervalo de 60 °C a 200 °C a las partes macho y hembra de una conexión de 7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 17500 N.m. Se registró excoiación mecánica intensa en los filetes en la 10ª operación de conexión/desconexión. Las superficies de estriado estaban intactas. Para determinar el

sello de la parte en contacto metálica no roscada de una conexión en condiciones de pozo se llevó a cabo un ensayo de sellado a temperaturas elevadas (180 °C) bajo presión externa según el procedimiento de la norma ISO 13679: 2011. No se observaron fugas al finalizar el ensayo del ejemplo comparativo n.º 2.

- 5 Ejemplo comparativo n.º 5: Un recubrimiento termoplástico sólido con una matriz termoplástica que contiene una resina termoplástica amorfa líquida se aplicó a las partes macho y hembra de una conexión de 7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 17500 N.m. El valor del par de estriado fue un 70 % mayor que el volumen para el par de fuerzas óptimo de la 6ª operación de conexión/desconexión. Se registró excoiación mecánica intensa en los filetes en la 9ª operación de conexión/desconexión, pero las superficies de estriado estaban intactas. Sin embargo, se detuvo la conexión porque las propiedades mecánicas de la conexión habían dejado de garantizarse. La película de lubricación protegió completamente la preparación de superficie porque no había aparecido óxido al finalizar los tres ensayos, la niebla salina, atmósfera de agua en condensación y corrosión cíclica.

- 10
15 Ejemplo comparativo n.º 6: Un recubrimiento termoplástico sólido cuya matriz era completamente cristalina se aplicó a la parte hembra y una resina de epóxido-acrílico curada con luz ultravioleta que comprende una cera de polietileno y un inhibidor de la corrosión de tipo polifosfato de aluminio se aplicó a la parte macho de una conexión de 7" (17,8 cm) 23# L80 VAM 21. El par de fuerzas de ensamblaje óptimo fue 10800 N.m. No se observó excoiación mecánica después de 10 operaciones de conexión/desconexión sobre la conexión. Por el contrario, el par de fuerzas de ensamblaje máximo fue mucho menor que el par de fuerzas de ensamblaje óptimo con la grasa API5A3 de referencia para una conexión de 20 "par elevado" de las mismas dimensiones. La parte no roscada en contacto con metal estuvo en riesgo de plastificar antes de alcanzar el par de fuerzas de ensamblaje óptimo. En este caso, Dicha solución de lubricación no pudo extenderse a todas las categorías de conexiones.

Tabla 2

Ejemplos		Composición de la película de lubricación (% en peso)				
		Composición de la matriz termoplástica		Inhibidor de la corrosión	Modificador de la fricción	Lubrificantes sólidos
1 y 2	Parte macho	Copoliamida (22)	Líquido viscoso de éster de colofonia (40)	Ceras (13)	Sílice de intercambio iónico con calcio (10)	Bi ₂ S ₃ (8) PTFE (2)
	Parte hembra	EVA (17,5)	Éster de colofonia (30)	Ceras (17,5)	Sílice de intercambio iónico con calcio (10)	Bi ₂ S ₃ (16) PTFE (4)
Ejemplo comparativo n.º 1		Grasa Bestolife 401ONM (que contiene un jabón de calcio y grafito metálico)				
Ejemplo comparativo n.º 2, 3 y 4		EVA (17,5)	Éster de colofonia (30)	Ceras (17,5)	Sílice de intercambio iónico con calcio (10)	Bi ₂ S ₃ (16) PTFE (4)
Ejemplo comparativo n.º 5		Copoliamida (22)	Líquido viscoso de éster de colofonia (40)	Ceras (13)	Sílice de intercambio iónico con calcio (10)	Bi ₂ S ₃ (8) PTFE (2)
Ejemplo comparativo n.º 6		Cera de polietileno (10) Cera de carnauba (15)	Estearato Zn (15)	Polialquilmetacrilato (5)	Cera óxido - Jabón Ca (40)	ZnO, TiO ₂ , Bi ₂ O ₃ (H) Fluoruro de carbono (4)

Tabla 3

Ejemplo	Número de operaciones de conexión/desconexión (1 -> 10)										Par de fuerzas sobre la resistencia de estriado (N.m)	ShT (%)	ΔT (%)	Extrusión, escamas
Ejemplo n.º 1	O	O	O	O	O	O	O	O	O	Δ	18825	43	105	No
Ejemplo n.º 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	20670	46	128	No
Ejemplo comparativo n.º 1	O	O	O	O	O	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	11300	43	100	No
Ejemplo comparativo n.º 2	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	10400	39	80	Sí
Ejemplo comparativo n.º 3	O	O	O	O	O	O	O	O	X	-	18260	50	118	Sí
Ejemplo comparativo n.º 4	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	15542	50	107	Sí
Ejemplo comparativo n.º 5	O	O	O	O	O	Δ	Δ	X	-	-	10000	71	146	No
Ejemplo comparativo n.º 6	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	10950	62	61	No

O: Sin excoiación mecánica,
 Δ : Aspecto de ligera excoiación mecánica (que permite llevar a cabo la operación de conexión reciente),
X: Excoiación intensa, -: Ensayo finalizado Par de fuerzas sobre la resistencia de estriado: Diferencia entre MTV (LL - PNB) y ShT (HH - PFBS) expresada en N.m
 ΔT (%): Par de fuerzas sobre la resistencia de estriado en la configuración HH - PFBS expresado como % de la grasa de referencia (ejemplo comparativo n.º 1)
ShT (%): Cociente entre el par de estriado y el par de fuerzas de ensamblaje óptimo en la configuración HH - PFBS respecto del total de operaciones de conexión sin excoiación mecánica intensa

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto para producir una conexión roscada, que comprende un primer y un segundo componente tubular, cada uno de ellos con un eje de revolución (10) y provisto cada uno en uno de sus extremos (1, 2) de una zona roscada (3; 4) producida en la superficie periférica interna o externa del componente dependiendo de si el extremo roscado es de tipo macho o hembra, siendo dichos extremos (1, 2) capaces de cooperar mediante conexión y terminando en una superficie terminal (7, 8), proporcionándose al menos una primera superficie de contacto en uno de los extremos (1, 2) y proporcionándose al menos una segunda superficie de contacto en el extremo correspondiente (1, 2), de forma que las superficies de contacto primera y segunda entran en contacto durante la conexión de los extremos (1, 2),
caracterizado por que cada una de las primera y segunda superficies de contacto están recubiertas respectivamente con una primera y segunda películas termoplásticas secas, cuyas matrices están constituidas por uno o más polímeros termoplásticos, comprendido además solamente una de las primera y segunda películas termoplásticas secas una resina termoplástica amorfa líquida con una viscosidad dinámica en el intervalo de 2000 a 40000 mPa.s a 25 °C.
2. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** la primera y segunda superficies de contacto comprenden una parte de las zonas roscadas (3; 4).
3. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la primera y segunda superficies de contacto comprenden superficies de sellado provistas en la superficie perimetral de los extremos (1, 2) del primer y segundos componentes tubulares.
4. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la primera y segunda superficies de contacto comprenden superficies de estriado proporcionadas sobre las superficies terminales (7, 8) de dichos extremos (1, 2).
5. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el polímero o polímeros termoplásticos que constituyen la matriz de la primera y segunda películas secas tienen una estructura semicristalina y un punto de fusión en el intervalo de 60 °C a 170 °C.
6. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el polímero o polímeros termoplásticos se selecciona(n) entre la lista definida por resinas copoliméricas que contienen copolímeros de etileno-acetato de vinilo, copolímeros de etileno-acrilato de etilo, copolímeros de etileno-acrilato de metilo, copolímeros con bloques alternos de un polímero de acrilato de butilo amorfo entre dos polímeros de polimetacrilato de metilo cristalino y copoliamidas basadas en dímeros obtenidos a partir de una reacción de policondensación entre un diácido y una diamina.
7. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** el polímero termoplástico es un copolímero de etileno-acetato de vinilo con una proporción de acetato de vinilo en el intervalo de 18 % al 40 %, preferentemente igual al 28 %.
8. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la resina termoplástica amorfa líquida incluida en solamente una de la primera y segunda películas termoplásticas secas tiene una temperatura de transición vítrea menor de -10 °C, preferentemente inferior a -20 °C.
9. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el cociente de concentraciones entre la resina termoplástica amorfa líquida y los polímeros está en el intervalo de 1,5 a 2.
10. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la resina termoplástica amorfa líquida se selecciona de la lista definida por derivados de ácido de colofonia esterificados con metanol o con trietilenglicol, resinas de hidrocarburo aromático con una masa molecular de menos de 500 g/mol, resinas de poliéster hidroxilado, poliisobutilenos y polimetacrilatos de alquilo.
11. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las películas termoplásticas secas comprenden además una o más ceras seleccionadas de la lista definida por parafinas, ceras microcristalinas, ceras de carnauba, ceras de polietileno, ceras de amida y aceites de ricino hidrogenados.
12. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la proporción en peso de las ceras en la película termoplástica seca está en el intervalo de 3 % al 20 %.
13. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las películas termoplásticas secas comprenden además partículas de lubricantes sólidos seleccionadas de la lista definida por grafito, nitruro de boro, óxido de cinc, disulfuro de molibdeno, fluoruro de grafito, sulfuros de estaño, sulfuros de bismuto, tiosulfatos, politetrafluoroetileno y poliamidas.

14. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado por que** la proporción en peso de partículas de lubricante sólido en la película termoplástica seca está en el intervalo de 2 % al 20 %.
- 5 15. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las películas termoplásticas secas también comprenden una sal de ácido alquilarilsulfónico compleja neutralizada con un carbonato de calcio, permaneciendo la proporción en peso por debajo del 40 %.
- 10 16. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las películas termoplásticas secas también comprenden un inhibidor de corrosión, preferentemente sílice de intercambio iónico con calcio, estando comprendida la proporción en peso del inhibidor de corrosión en el intervalo de 5 % al 15 % en peso.
- 15 17. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las películas termoplásticas secas también comprenden un aceite de polidimetilsiloxano o de perfluoropoliéter, teniendo dicho aceite una viscosidad cinemática en el intervalo de 100 a 1850 mm²/s a 20 °C, estando comprendida la proporción en peso de dicho aceite en el intervalo de 2 % al 10 %.
- 20 18. Un conjunto para producir una conexión roscada de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la primera y segunda superficies de contacto ya están previamente tratadas mediante una etapa de preparación de superficie seleccionada entre el grupo que consiste en tratamiento con chorro de arena, tratamientos de conversión y deposición electrolítica, antes de revestir cada superficie con la película termoplástica seca.

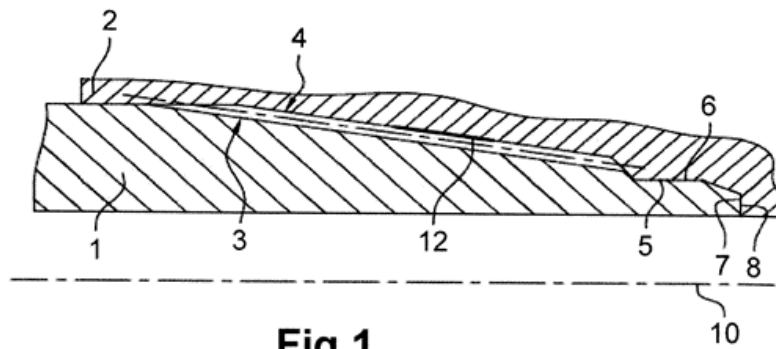


Fig.1

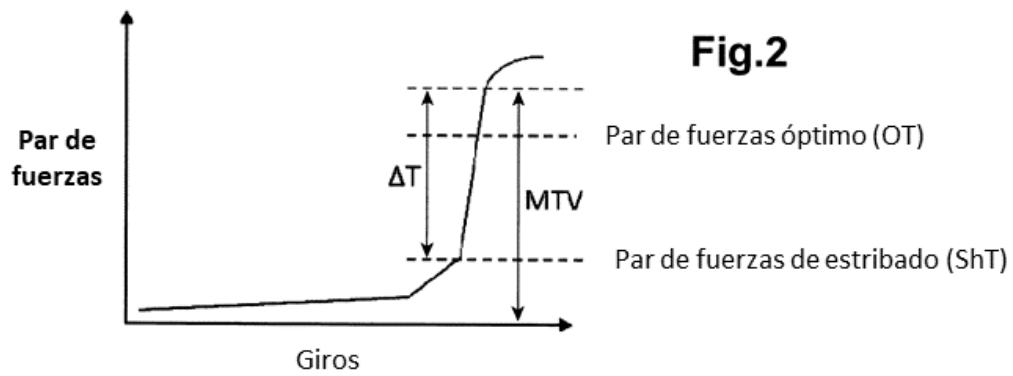


Fig.2

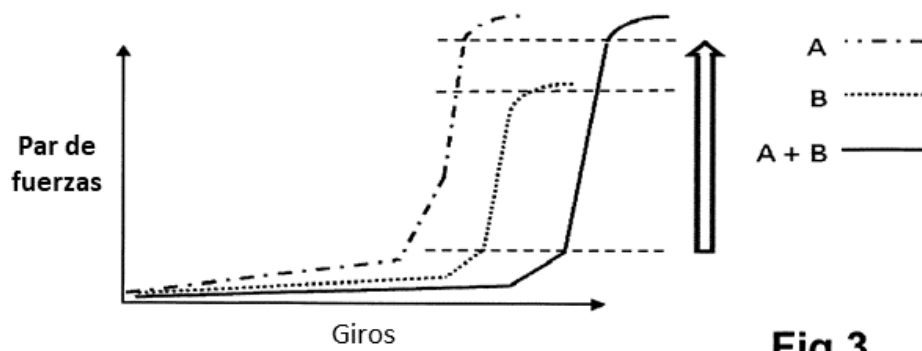


Fig.3

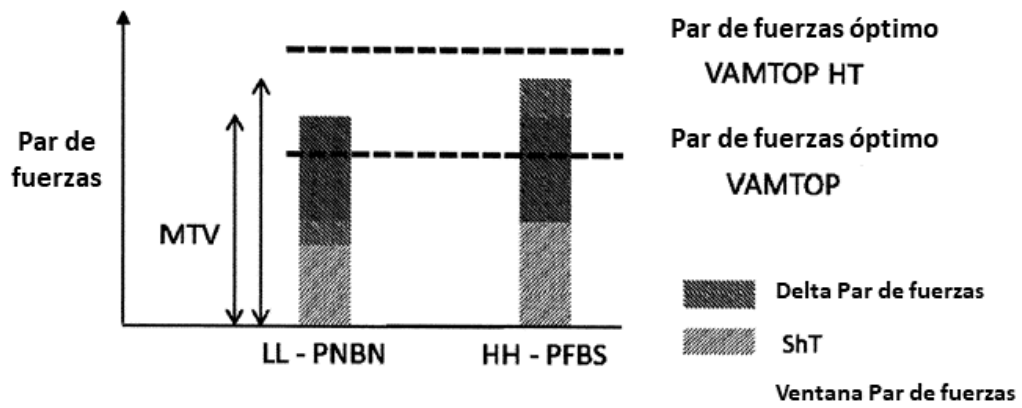


Fig.4

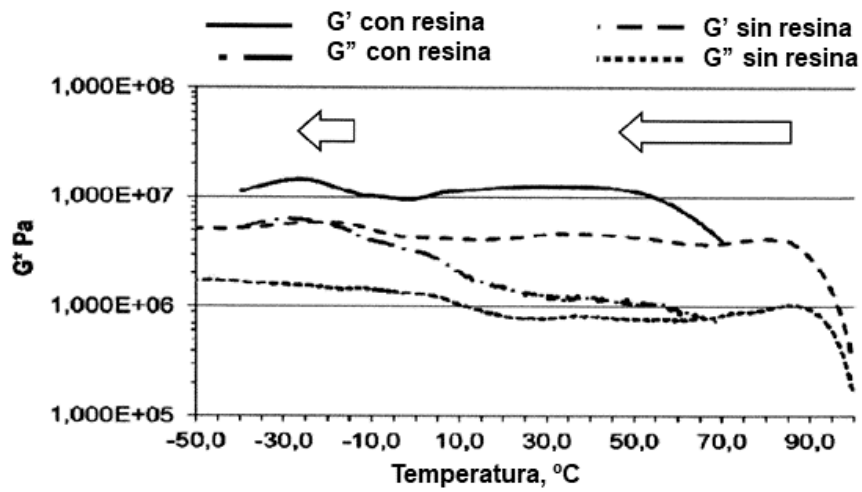


Fig.5

Fig.6

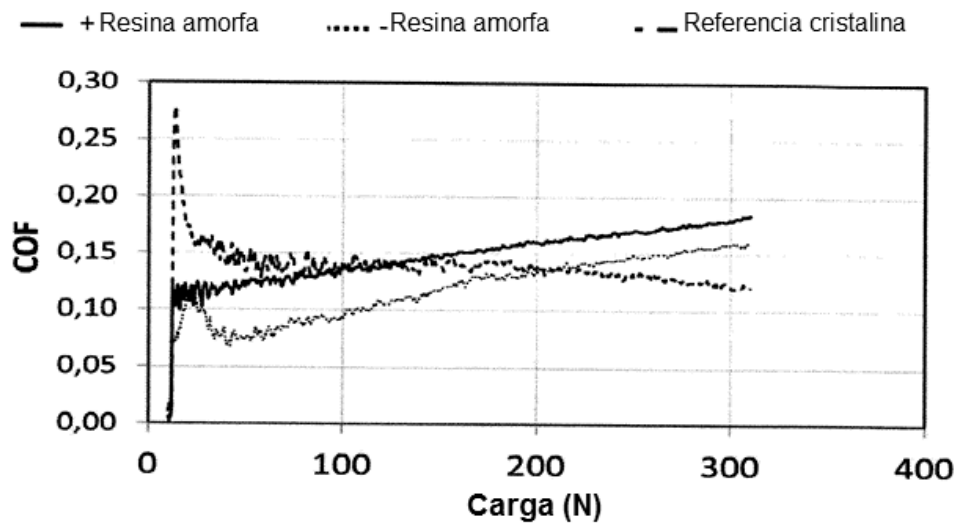
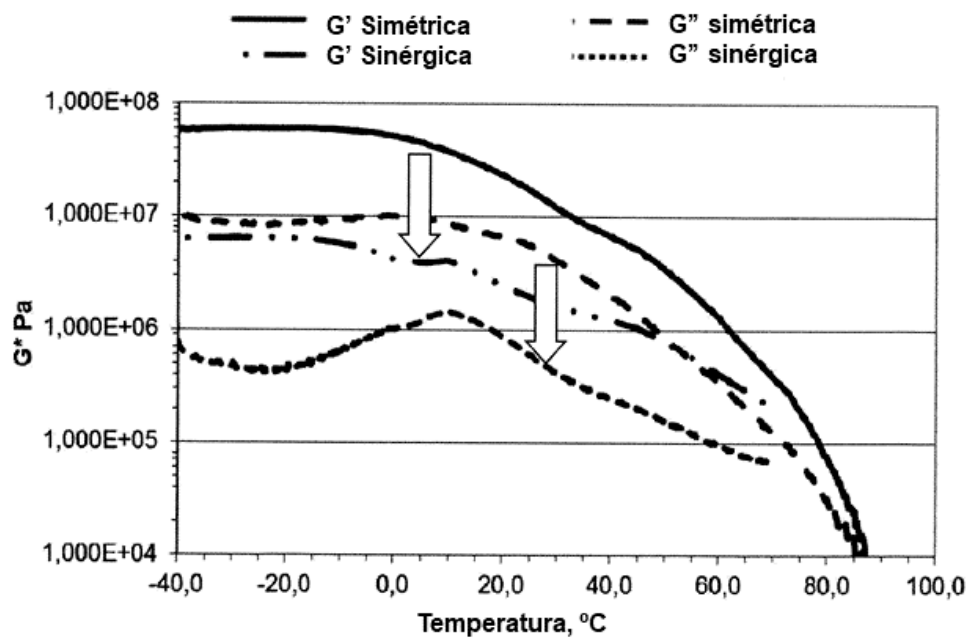


Fig.7



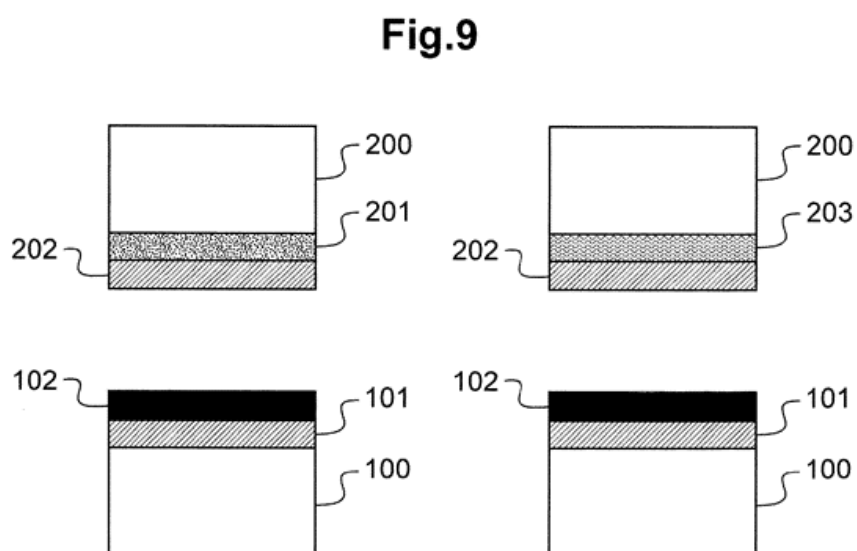
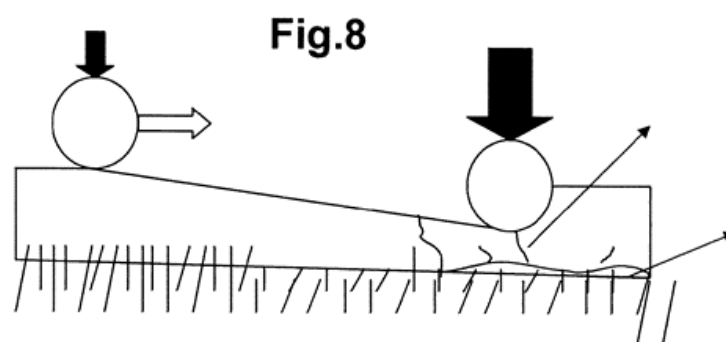


Fig.10

