



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: 2 594 653

51 Int. Cl.:

F16L 15/04 (2006.01)
C10M 103/06 (2006.01)
C10M 169/02 (2006.01)
C25D 5/26 (2006.01)
C25D 7/00 (2006.01)
C10N 10/12 (2006.01)
C10N 40/00 (2006.01)
C10N 50/08 (2006.01)
C10N 50/10 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: 01.09.2006 PCT/JP2006/317802

(87) Fecha y número de publicación internacional: 08.03.2007 WO07026970

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: 01.09.2006 E 06797658 (9)

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: 24.08.2016 EP 1920180

(54) Título: Unión roscada para tuberías de acero

(30) Prioridad:

02.09.2005 JP 2005255657

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente: 21.12.2016 (73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

NAGASAKU, SHIGEO; GOTO, KUNIO; ONISHI, SHIGEO y IKEGAMI, HIROAKI

(74) Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

DESCRIPCIÓN

Unión roscada para tuberías de acero

5 Campo técnico

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

La presente invención se refiere a una unión roscada para tuberías de acero que tiene resistencia mejorada al desgaste por rozamiento y que es adecuada para su uso en la constitución de material tubular para la producción petrolífera.

Técnica antecedente

El material tubular para la producción petrolífera (OCTG, del inglés "Oil Country Tubular Goods") usado en los campos petrolíferos y campos de gas natural puede tener una longitud global que a veces alcanza varios miles de metros. Dicho largo material tubular para producción petrolífera se monta típicamente mediante la conexión de un gran número de tuberías de acero que tienen una longitud unitaria de aproximadamente diez a doce metros por medio de acoplamientos que son cortos elementos tubulares. El material del que están formadas las tuberías de acero y los acoplamientos es normalmente acero al carbono, acero inoxidable, o acero de alta aleación, dependiendo del entorno de uso.

Estas tuberías de acero se conectan mediante el acoplamiento roscado de un vástago que tiene una parte de rosca macho sobre su superficie periférica exterior y una caja que tiene una parte roscada hembra sobre su superficie periférica interior. Típicamente, se forma un vástago en cada extremo de una tubería de acero, y se forma una caja en el interior de un acoplamiento. La parte de conexión formada mediante un vástago y una caja es una unión roscada.

En el caso de una unión roscada para tuberías de acero para las que se requiere un alto grado de estanquidad al aire, la punta de la parte roscada macho del vástago y la parte base de la parte roscada hembra de la caja tienen, cada una, una parte de contacto metálico no roscada formada sobre ellas. Mediante la inserción de un extremo de una tubería de acero dentro de un acoplamiento y el apriete de la parte de rosca macho del vástago y la parte roscada hembra de la caja hasta que las partes de contacto metálico no roscadas del vástago y la caja se pongan en contacto entre sí, se forma una sello metal contra metal que asegura la estanquidad al aire.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente una unión roscada que tiene este tipo de estructura vástago-caja. Un vástago 1 tiene una parte roscada macho 1a sobre su superficie periférica exterior y una parte de contacto metálico 1b no roscada sobre su punta. En correspondencia, una caja 2 tiene una parte roscada hembra 2a sobre su superficie periférica interior y una parte de contacto metálico 2b no roscada en el interior de la misma. La constitución, es decir, la conexión del OCTG se realiza mediante el acoplamiento de las partes roscadas del vástago 1 y de la caja 2 entre sí y el apretado de las partes roscadas hasta que las partes de contacto metálicas no roscadas del vástago 1 y de la caja 2 contactan entre sí.

Para llevar a cabo una inspección periódica y otros similares, el OCTG se extrae de un pozo, y se realiza el desmontaje, es decir, las partes roscadas de una unión roscada se aflojan y las tuberías de acero se separan del acoplamiento. Después de la finalización de la inspección, se realiza de nuevo la constitución del OCTG mediante el apretado de las partes roscadas del vástago y la caja, y se descienden de nuevo al pozo. Las superficies de contacto deslizantes de las partes roscadas 1a y 2a del vástago 1 y de la caja 2 y las partes de contacto metálico 1b y 2b no roscadas experimentan repetidamente una intensa fuerza de fricción en el momento de la constitución y desmontaje del OCTG. En consecuencia, si la unión roscada no tiene una resistencia suficiente a las fuerzas de fricción, tiene lugar un sellado incompleto (pobre resistencia a las fugas) y desgaste por rozamiento (agarrotamiento grave no reparable) en las partes roscadas 1a y 2a y particularmente en las partes de contacto metálico 1b y 2b no roscadas cuando se lleva a cabo repetidamente el apriete y aflojamiento.

Por lo tanto, las uniones roscadas para tuberías de acero para su uso en la constitución de OCTG se requiere que sean capaces de (a) resistir las fuerzas de tracción en la dirección axial debido al peso de las tuberías de acero conectadas, (b) resistir la presión de los fluidos interior y exterior, y (c) mantener una buena resistencia a las fugas y resistencia al desgaste por rozamiento cuando se usan repetidamente (se someten repetidamente a constitución y desmontaje) al menos cuatro veces en el caso de la carcasa (tuberías de diámetro mayor) y al menos diez veces en el caso de las conducciones (tuberías de diámetro más pequeño). En los últimos años, ha habido una tendencia a que la profundidad de los pozos petrolíferos se haga más y más profunda, y la frecuencia de uso del OCTG en condiciones intensas tal como en regiones polares es creciente, de modo que se realizan en forma creciente demandas más estrictas con respecto a la calidad de las uniones roscadas.

En el pasado, tal como se ha propuesto en el documento JP H01-12995B, por ejemplo, para proporcionar la superficie de contacto (incluyendo la superficie de las partes roscadas 1a, 2a y las partes de contacto metálico 1b, 2b no roscadas) del vástago 1 o la caja 2 de una unión roscada con una resistencia mejorada al desgaste por rozamiento, la superficie se sometió a tratamiento superficial tal como plateado con cobre o tratamiento de fosfatos,

y se aplicó una grasa compuesta (también denominada como un suavizante) que contiene metales pesados tales como Pb a la superficie tratada para lubricación.

Hoy en día, sin embargo, a la vista de la preocupación sobre la contaminación global del ambiente que se está convirtiendo en un problema urgente, se está limitando el uso de un suavizante que contenga Pb. Se ha desarrollado y se está usando un suavizante que no contiene metales pesados tales como Pb, Zn y Cu (denominado como suavizante verde), pero su rendimiento lubricante es inadecuado, y no puede impedirse la aparición de desgaste por rozamiento particularmente cuando una unión roscada se fábrica de un material que es relativamente susceptible al desgaste por rozamiento tal como el acero inoxidable o el acero de alta aleación.

Otros métodos que se han propuesto para mejorar la resistencia a las fugas y la resistencia al desgaste por rozamiento incluyen (1) un método en el que se dispersa un polvo de fluororesina en una capa de plateado, (2) un método en el que se forma un recubrimiento protector lubricante mediante deposición electrónica, y (3) un método que usa un recubrimiento lubricante sólido en lugar de una grasa compuesta, pero ninguno de estos métodos ha conseguido una resistencia a la fuga y resistencia al desgaste por rozamiento suficientes.

El documento EP-A1-0.246.387 divulga una unión roscada de acuerdo con la sección de caracterización previa de la reivindicación 1.

20 El documento US 4.513.995 divulga un recubrimiento de níquel sin corriente eléctrica seguido por plateado electrolítico con estaño de una rosca de las tuberías.

El documento US 2003/0094810 divulga una unión roscada para tuberías de acero que comprende una superficie de unión recubierta con una capa de cinc porosa inferior.

Divulgación de la invención

5

10

15

25

30

35

40

45

50

55

El objeto de la presente invención es proporcionar una unión roscada para tuberías de acero que pueda presentar una suficiente resistencia a las fugas y resistencia al desgaste por rozamiento cuando se usa con un suavizante verde o sin ningún suavizante.

Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención comprende un vástago y una caja teniendo, cada una, una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálica sin roscar, caracterizada por que tiene una primera capa de plateado formada con una aleación de plateado de Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto de al menos una de entre el vástago y la caja.

El Bi (bismuto) es conocido como material que tiene una baja fricción. Se ha descubierto que cuando se alea el Bi con Sn (estaño), el Bi tiene el efecto de mejorar la fragilidad a baja temperatura del Sn conocida como plaga del estaño y el efecto de mejorar grandemente la resistencia al desgaste por rozamiento en el momento de la constitución y desmontaje repetido del OCTG usando las uniones roscadas. Debido al efecto del Bi sobre la mejora de la fragilidad a baja temperatura del Sn, la aleación Sn-Bi presenta un efecto de prevención de la plaga del estaño de modo que el Sn ya no se convierte en polvo debido a la transformación a bajas temperaturas. La aleación Sn-Bi-Cu es ligeramente más dura en comparación con la aleación Sn-Bi, aunque la adición de Cu a una aleación Sn-Bi proporciona las ventajas de que no solo se obtiene el efecto de prevención de la plaga del estaño, sino que se incrementa también la resistencia al desgaste.

El contenido de Bi en la aleación Sn-Bi-Cu está preferiblemente en el intervalo de 0,5 - 10 % en masa y más preferiblemente 1 - 5 % en masa. El contenido de Cu en la aleación Sn-Bi-Cu está preferiblemente en el intervalo de 2 - 15 % en masa y más preferiblemente 5 - 10 % en masa. El resto de estas aleaciones es generalmente Sn e impurezas, pero también es posible que las aleaciones contengan adicionalmente Zn y/o Pb en una cantidad de hasta el 5 % en masa para cada uno.

Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención puede tener una segunda capa de plateado formada a partir de plateado de Sn, plateado de Cu o plateado de Ni entre la primera capa de plateado y la superficie de contacto de la unión roscada. Cuando se forma esta segunda capa de plateado por debajo de la primera capa de plateado, pueden impedirse el desgaste por rozamiento suficientemente incluso si la primera capa de plateado de la aleación Sn-Bi-Cu formada por encima de la segunda capa de plateado es relativamente delgada.

La resistencia al desgaste por rozamiento puede incrementarse adicionalmente mediante la formación de al menos una capa de recubrimiento lubricante sobre la primera capa de plateado. El recubrimiento lubricante puede ser una 60 única capa de un líquido viscoso o un recubrimiento lubricante semisólido, o puede ser una única capa de un recubrimiento lubricante sólido. En otra realización, el recubrimiento lubricante tiene una capa inferior de un recubrimiento lubricante sólido y una capa superior de un líquido viscoso o un recubrimiento lubricante semisólido.

Un recubrimiento lubricante sólido contiene preferiblemente un polvo lubricante sólido en un aglomerante para 65 incrementar las propiedades lubricantes del recubrimiento. Mediante la presión aplicada durante la constitución y desmontaje repetido de un OCTG, el polvo lubricante sólido queda embebido en la primera capa de plateado de la aleación Sn-Bi-Cu. La cantidad de polvo lubricante sólido que queda embebida se incrementa en proporción a la presión y al número de veces que se realizan la constitución y desmontaje. Por lo tanto, incluso si la presión se convierte en elevada o la unión roscada se usa repetidamente, se mantiene un efecto lubricante mediante el polvo lubricante sólido embebido, y se incrementa el efecto de impedir el desgaste por rozamiento mediante una unión roscada de acuerdo con la presente invención.

El efecto de mejora de la resistencia al desgaste por rozamiento mediante un polvo lubricante sólido embebido en la primera capa de plateado puede conseguirse de una manera similar cuando el recubrimiento lubricante es un líquido viscoso o un recubrimiento semisólido que contiene un polvo lubricante sólido.

Cuando se forma un recubrimiento lubricante sólido que contiene un polvo lubricante sólido directamente sobre la superficie del metal base, dado que el metal base es demasiado duro, el polvo lubricante sólido fácilmente se despega sin quedar embebido en el metal base en el momento de la constitución y desmontaje, de modo que no puede conseguirse el efecto anteriormente descrito.

Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención tiene una resistencia a fugas y una resistencia al desgaste por rozamiento mejoradas sobre los productos convencionales, y presenta una resistencia a fugas y resistencia al desgaste por rozamiento adecuadas sin usar grasa compuesta, que tiene muchos problemas desde el punto de vista medioambiental. En consecuencia, puede suprimirse de modo efectivo la aparición de desgaste por rozamiento tanto con la aplicación de un suavizante verde como sin ningún suavizante.

La presente invención proporciona adicionalmente un vástago de una unión roscada para tuberías de acero que tiene una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálica sin roscar, caracterizada por que tiene una primera capa de plateado formada de un plateado de aleación de Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto.

La presente invención proporciona adicionalmente una caja de una unión roscada para tuberías de acero que tiene una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálica sin roscar, caracterizada por que tiene una primera capa de plateado formada de un plateado de aleación de Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto.

Breve descripción de los dibujos

5

10

15

20

25

30

40

- La Figura 1 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una primera realización de la presente invención.
 - La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.
 - La Figura 3 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.
 - La Figura 4 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención.
 - La Figura 5 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una quinta realización de la presente invención.
- La Figura 6 es una vista en sección transversal esquemática de la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con una sexta realización de la presente invención.
 - . La figura 7 es una fotografía que muestra el grado de humectabilidad de la superficie plateada con Cu.
 - La figura 8 es una fotografía que muestra el grado de humectabilidad de la superficie plateada con aleación Sn-Bi.
- La figura 9 es una vista en sección transversal esquemática de un vástago y una caja de una unión roscada típica para tuberías de acero.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

- La presente invención se explicará a continuación con respecto a diversas realizaciones mientras se hace referencia a los dibujos adjuntos. En la explicación a continuación, a menos que se especifique lo contrario, "%" significa "% en masa"
- De modo similar a una unión roscada convencional para tuberías de acero mostrada en la Figura 9, una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención está constituida por un vástago que tiene una parte roscada macho y una parte de contacto metálica sin roscar sobre su superficie periférica exterior y una caja que tiene una parte roscada hembra y una parte de contacto metálico sin roscar sobre su superficie periférica interior. Las superficies de las partes roscadas y de las partes de contacto metálico sin roscar del vástago y la caja son superficies de contacto que hacen contacto entre sí durante la constitución del OCTG mediante el apriete de las partes roscadas. En la presente invención, al menos una parte de la superficie de contacto de al menos uno de entre el vástago y la caja tiene una primera capa de plateado de plateado de aleación Sn-Bi, o plateado de aleación Sn-Bi-

ES 2 594 653 T3

Cu formada sobre la misma. En algunas realizaciones de la presente invención, se forma una segunda capa de plateado seleccionada entre plateado de Sn, plateado de Cu y plateado de Ni entre la primera capa de plateado y el metal base, y/o al menos se proporciona una capa de un recubrimiento lubricante por encima de la primera capa de plateado.

5

10

Típicamente, se forma un vástago en ambos extremos de una tubería de acero, y se forma una caja sobre el interior de un acoplamiento, que es un elemento corto separado de la tubería de acero. Son conocidas y se usan otras uniones roscadas denominadas uniones roscadas integrales en las que se forma un vástago en un extremo de la tubería de acero y se forma una caja en el otro extremo, de modo que las tuberías de acero se conectan entre sí sin usar un acoplamiento. En principio, puede concebirse también una unión roscada en la que se forma un vástago sobre la superficie periférica exterior de un acoplamiento y se forma una caja sobre la superficie periférica interior de ambos extremos de una tubería de acero. La presente invención puede aplicarse a cualquiera de estos tipos de uniones roscadas.

Los efectos de la presente invención pueden conseguirse cuando se proporciona una primera capa de plateado de 15

20

acuerdo con la presente invención y opcionalmente una segunda capa de plateado y/o un recubrimiento lubricante sobre la superficie de contacto de solo una de entre un vástago y una caja. Por ejemplo, con una unión roscada típica que tiene un vástago en ambos extremos de la tubería de acero, el tratamiento de acuerdo con la presente invención puede realizarse solamente sobre la superficie de contacto de la caja, que es más fácil de tratar. En este caso, la superficie de contacto del elemento restante, la caja en este caso, puede estar sin tratar (permanece tal

como se mecanizó), o puede someterse a un tratamiento lubricante convencional apropiado.

Ejemplos no limitativos de materiales que pueden usarse para formar una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención y en consecuencia una tubería de acero y un acoplamiento, son acero al carbono, acero inoxidable, y acero de alta aleación. Previamente a someterla al plateado de acuerdo con la presente invención, la superficie de contacto de una unión roscada puede someterse a lijado superficial mediante chorreado con arena, chorreado con granalla u otros métodos.

30

25

Las Figuras 1 - 6 muestran cada una esquemáticamente la sección transversal de la superficie de contacto de un vástago o una caja de una unión roscada de acuerdo con diferentes realizaciones de la presente invención en las que al menos se forma sobre la superficie de contacto una capa formada mediante tratamiento superficial y que incluye una primera capa de plateado.

35

En la unión roscada mostrada en la Figura 1, la superficie de contacto de un metal base 5 de un vástago o una caja tiene solamente una primera capa de plateado 6 formada sobre la misma mediante un plateado con aleación Sn-Bi (no de la invención) o plateado con aleación Sn-Bi-Cu (la invención). La primera capa de plateado puede formarse mediante tanto con plateado de aleación de Sn-Bi como con plateado de Sn-Bi-Cu.

40

Se prefiere usualmente que el grosor de la primera capa de plateado 6 esté en el intervalo de 3 - 30 µm y más preferiblemente 5 - 25 µm. Cuando no se forma la segunda capa de plateado, que se describirá más adelante, por debajo de la primera capa de plateado, la primera capa tiene preferiblemente un grosor mayor que el intervalo anteriormente mencionado, por ejemplo, entre 10 y 30 µm. Por otro lado, cuando se forma la segunda capa de plateado, y/o se forma un recubrimiento lubricante sólido que también se describe más adelante, el grosor de la primera capa de plateado puede ser tan delgado como 15 µm o menos. En este caso, el grosor de la primera capa de plateado está preferiblemente en el intervalo de 3 - 20 µm y más preferiblemente 5 - 15 µm.

45

50

El plateado con aleación Sn-Bi puede realizarse de acuerdo con el electroestañado (electroplateado con Sn) usando una solución de plateado alcalina o una solución de plateado ácida, por ejemplo. Cuando se añade un compuesto de Bi a un compuesto de Sn a la solución de plateado de modo que forme el plateado de aleación Sn-Bi, en la que el Bi se precipita conjuntamente con el Sn, la dureza del recubrimiento plateado resultante se incrementa grandemente en comparación con la del plateado de Sn puro (Hv. 8 - 10). Por ejemplo, un recubrimiento plateado de aleación Sn-Bi que contiene el 0,5 % - 10 % de Bi tiene una dureza que es 2 - 3 veces más alta que la del plateado de Sn puro, y por ello tiene una resistencia al desgaste incrementada. Al mismo tiempo, la fragilidad a baja temperatura (plaga del estaño) del plateado de Sn se mejora mediante la precipitación conjunta del Bi.

55

De modo similar, el plateado con aleación Sn-Bi-Cu puede formarse llevando a cabo el electroplateado usando una solución de plateado que contenga un compuesto de Bi y un compuesto de Cu además del compuesto de Sn. El plateado con aleación Sn-Bi-Cu proporciona los efectos anteriormente descritos del Bi, y tiene una dureza del plateado más alta, de modo que su resistencia el desgaste es incluso mayor.

60

Un ejemplo de una solución de plateado alcalina para una plateado con aleación Sn-Bi contiene 100 - 110 g/l de estannato de potasio, 35-60 g/l de hidróxido de potasio, y 0,5 - 1,5 g/l como Bi metálico de un compuesto de Bi. Las condiciones de plateado típicas con esta solución de plateado son una temperatura de baño de 75 - 85 °C y una densidad de corriente de 0,5 - 3 A/dm².

ES 2 594 653 T3

Un ejemplo de una solución de plateado ácida para un plateado con aleación Sn-Bi contiene 130 g/l de ácido orgánico, 10 g/l como Sn metálico de un compuesto de Sn, y 3 g/l como Bi metálico de un compuesto de Bi. Las condiciones de plateado típicas con esta solución de plateado son una temperatura de baño de 30 - 40 °C y una densidad de corriente de 0,3 - 3,5 A/dm².

5

Un ejemplo de una solución de plateado ácida para un plateado con aleación Sn-Bi-Cu contiene 130 - 180 g/l de ácido orgánico, 15 g/l como Sn metálico de un compuesto de Sn, 1,5 g/l como Bi metálico de un compuesto de Bi y 1 g/l como Cu metálico de un compuesto de Cu. Las condiciones de plateado típicas con esta solución de plateado son una temperatura de baño de 15 - 30 °C y una densidad de corriente de 0,5 - 3,5 A/dm².

10

Para cada una de estas soluciones de plateado, la fuente para cada metal puede seleccionarse de entre los compuestos adecuados del metal que son solubles en la solución de plateado.

15

En la unión roscada para tuberías de acero mostrada en la Figura 2, se forma una segunda capa de plateado 7 de plateado de Sn, plateado de Cu o plateado de Ni como un plateado subyacente sobre la superficie del metal base 5, y una primera capa de plateado 6 de plateado de aleación de Sn-Bi o plateado de aleación Sn-Bi-Cu sobre una parte superior de la segunda capa de plateado 7. La segunda capa de plateado puede formarse también mediante dos o más plateados (tal como capa de plateado de Ni y plateado de Cu).

20

El grosor de la segunda capa de plateado 7 es preferiblemente 1 - 15 µm y más preferiblemente 2 - 10 µm en el caso de plateado de Sn o 1 - 15 µm y más preferiblemente 1 - 10 µm en el caso de plateado de Ni o Cu.

25

El plateado de Sn puede formarse, por ejemplo, usando una solución de plateado que contiene 200 g/l de fluoroborato de estaño, 125 g/l de ácido fluorobórico, 25 g/l de ácido bórico, 2 g/l de gelatina y 1 g/l de β-naftol, mediante la realización de un electroplateado a una temperatura de baño de 20 - 25 °C y con una densidad de corriente de 1 - 5 A/dm². El plateado de Sn se lleva a cabo típicamente en dicho baño de fluoroborato, pero teniendo en consideración la facilidad de tratamiento de las aquas residuales, puede usarse también una solución de plateado de Sn comercialmente disponible basada en un sultanato orgánico.

30

El plateado de Cu y el plateado de Ni pueden llevarse a cabo mediante métodos de electroplateado de Ni o Cu convencionales. Los baños de electroplateado útiles para el plateado de Cu incluyen un baño de cianuro de cobre, un baño de sulfato de cobre, y un baño de pirofosfato de cobre. De estos, el baño de cianuro de cobre y el baño de sulfato de cobre son preferidos. Los baños de electroplateado útiles para el plateado de Ni incluyen un baño Watts de níquel, un baño de cloruro de níquel, un baño de sulfamato de níquel, y un baño de cloruro de amonio (baño de plateado de níquel a baja temperatura). De estos, se prefieren el baño Watts de níquel y un baño de cloruro de níquel.

35

40

La realización mostrada en la Figura 1, la primera capa 6 de la aleación Sn-Bi-Cu se forma sobre la superficie de contacto de la unión roscada. En la realización mostrada en la Figura 2, se forma inicialmente la segunda capa de plateado 7 de Sn, Cu o Ni sobre la superficie de contacto y a continuación se forma la primera capa de plateado 6.

45

Cuando el metal base 5 es acero al carbono, es posible formar la primera capa de plateado 6 (Figura 1) o la segunda capa de plateado 7 (Figura 2) con buena adhesión incluso si se forma directamente sobre la superficie de acero.

50

Por otro lado, en el caso en el que el metal base 5 es acero inoxidable o acero de alta aleación, si la primera capa de plateado del plateado de Sn-Bi-Cu se forma directamente sobre la superficie del acero, el recubrimiento plateado resultante tiene una pobre adhesión sobre la superficie y es proclive a despegarse fácilmente. Por lo tanto, la superficie de contacto de la unión roscada se somete preferiblemente a un plateado de nivelación de Cu o Ni antes del plateado con aleación de plateado de Sn-Bi-Cu para formar la primera capa de plateado. En este caso, la primera capa de plateado con buena adhesión puede formarse sobre la superficie de contacto a través del plateado de nivelación.

De modo similar, cuando la segunda capa de plateado 7 se forma inicialmente sobre la superficie de contacto como 55 se muestra en la Figura 2, si el metal base 5 es acero inoxidable o acero de alta aleación, es preferible llevar a cabo previamente un plateado de nivelación de Ni o Cu. Sin embargo, en el caso en el que la segunda capa de plateado es una capa de plateado delgada de Ni o Cu, por ejemplo, del orden de 1 - 3 µm, es posible formar la segunda capa de plateado con buena adhesión sobre la superficie del acero inoxidable o del acero de alta aleación incluso si se omite el plateado de nivelación previo.

60

El plateado de nivelación de Ni o Cu puede llevarse a cabo de una forma convencional. Generalmente, el plateado de nivelación de Ni se realiza usando un baño de cloruro de níquel, mientras que el plateado de nivelación de Cu se realiza usando un baño de cianuro de cobre. En ambos casos, el tiempo de plateado es suficientemente corto para formar un recubrimiento de plateado de menos de 1 µm y preferiblemente como máximo 0,5 µm.

En la unión roscada para tuberías de acero mostrada en la Figura 3, la superficie de la primera capa de plateado 6 de la aleación Sn-Bi-Cu se cubre con un recubrimiento lubricante 8. En la Figura 3 y la Figura 4, no se muestra la estructura por debajo de la primera capa de plateado 6 pero puede ser la misma que o bien la Figura 1 o bien la Figura 2.

Ejemplos de recubrimiento de lubricación son recubrimientos de lubricación sólidos tal como los que se describen en los documentos JP 2001-6575 IA, JP 2002-221288A, JP 2002-327875A o JP 2002-348587A (un recubrimiento horneado que comprende un polvo lubricante sólido dispersado en un aglomerante), o un recubrimiento de líquido viscoso o semisólido tal como se describe en los documentos JP 2002- 173692A o JP 2004-53013A (un recubrimiento que comprende varios componentes lubricantes en un aceite base).

5

10

15

30

35

40

45

50

55

60

Ejemplos de un polvo lubricante sólido preferido que se presenta en el recubrimiento lubricante sólido incluyen, pero sin limitarse a, grafito, MoS_2 (disulfuro de molibdeno), WS_2 (disulfuro de tungsteno), BN (nitruro de boro), PTFE (politetrafluoroetileno), CF (cloruro de carbono) y $CaCO_3$ (carbonato de calcio). De estos, el grafito y el MoS_2 son los más preferidos. Estos tienen una estructura cristalina en capas que tiene en una resistencia de adhesión intra-plano alta y una baja resistencia de adhesión entre planos, y son los responsables de provocar la delaminación de planos de cristal que proporciona un efecto deslizante y por ello son adecuados para mejorar la resistencia al desgaste por rozamiento.

Como el aglomerante que se usa para formar el recubrimiento lubricante sólido, pueden usarse varios materiales capaces de la formación de una película orgánica o inorgánica. Ejemplos del materiales capaces de formación de una película orgánica son las resinas orgánicas que tienen buena resistencia térmica tales como resinas epoxi, resinas de poliimida, y resinas de poliimida-amida. Ejemplos de un material capaz de formación de una película inorgánica son sustancias orgánicas o inorgánicas tales como sílica sol, alcoxisilanos, y alcóxidos de titanio, que pueden formar un recubrimiento de óxido metálico.

Puede formarse un recubrimiento lubricante sólido mediante la mezcla de un polvo lubricante sólido con una solución aglomerante para formar una composición de recubrimiento, aplicando la composición de recubrimiento a la superficie de contacto de una unión roscada para tuberías de acero, y secando el recubrimiento preferiblemente mediante calentamiento para recocer el recubrimiento. La temperatura de calentamiento depende del tipo de aglomerante, y cuando el aglomerante es una resina epoxi, es preferiblemente de aproximadamente 150 - 250 °C.

Un recubrimiento lubricante sólido preferido tiene un grosor de recubrimiento de 5 - 30 µm y contiene 10 % - 50 % de un polvo lubricante sólido. El plateado con aleación Sn-Bi-Cu que es la capa de plateado que está en contacto con el recubrimiento lubricante sólido tiene buena afinidad para líquidos, de modo que el recubrimiento lubricante sólido formado sobre este plateado tiene buena adhesión.

El recubrimiento lubricante de líquido viscoso o semisólido no contiene preferiblemente una cantidad sustancial de polvo de metales pesados tales como Pb, Zn y Cu, que son dañinos para el entorno y para los seres humanos. Dicho recubrimiento lubricante comprende una cantidad considerable de uno o más componentes de lubricación (tales como ceras, detergentes metálicos y varios tipos de sales de metales básicos de un ácido orgánico que incluye sulfonatos, fenato, salicilato y carboxilato de Ca o Ba básicos) en un aceite base (tal como aceite mineral, un éster o grasa de ácido graso más elevado). La forma del recubrimiento lubricante, es decir si es un líquido viscoso o semisólido depende de la viscosidad del aceite base y de la cantidad de componentes de lubricación. Un grosor preferido del recubrimiento de líquido viscoso o semisólido es 10 - 200 µm.

La Figura 4 muestra una realización en la que el recubrimiento lubricante consiste en una capa inferior en la forma de un recubrimiento lubricante sólido 8a y una capa superior en la forma de un recubrimiento lubricante de líquido viscoso o semisólido 8b. El recubrimiento lubricante sólido inferior y el recubrimiento lubricante de líquido viscoso o semisólido que constituyen las dos capas 8a y 8b, respectivamente, pueden ser los mismos que se han descrito anteriormente.

La Figura 5 ilustra una realización en la que se forma una primera capa de plateado 6 de aleación de plateado de Sn-Bi-Cu formada sobre la superficie de un metal base 5, y se forma un recubrimiento lubricante sólido 8a1 que contiene MoS_2 sobre la parte superior de la primera capa de plateado 6. El recubrimiento lubricante sólido 8a1 que contiene MoS_2 puede formarse como se ha descrito anteriormente mediante la aplicación de una composición de recubrimiento que comprende polvo de MoS_2 dispersado en un aglomerante tal como una resina epoxi seguido por un recocido. El grosor de recubrimiento es preferiblemente de 3 - 30 μ m para la primera capa de plateado 6 y de aproximadamente 5 - 30 μ m para el recubrimiento lubricante sólido, siendo el grosor total de las dos capas de aproximadamente 10 - 45 μ m.

La Figura 6 ilustra una realización que es la misma que la mostrada en la Figura 5 excepto que el recubrimiento lubricante sólido es un recubrimiento lubricante sólido 8a2 que contiene grafito.

Cuando se forma un recubrimiento lubricante sólido por encima de una primera capa de plateado 6 de una aleación de Sn-Bi-Cu tal como se muestra en la Figura 5 y la Figura 6, puede ser preferible formar una capa de plateado de

Cu delgada no ilustrada con un grosor de 1 - 3 µm como una segunda capa de plateado inferior. Cuando se forma dicha capa de plateado de Cu delgada por debajo de la primera capa de plateado 6, debido al calor en el momento del recocido del recubrimiento lubricante sólido 8a1 o 8a2 (que se lleva a cabo generalmente a 150 - 250 °C), se forma una capa de compuesto intermetálico de Sn-Bi-Cu con un suave gradiente de concentración entre la primera capa de plateado 6 y el metal base 5, por lo que se incrementa la resistencia adhesiva de la primera capa de plateado 6.

Es posible formar una o más de la primera y segunda capas de plateado y la capa de plateado de nivelación mediante plateado sin electrodos o plateado en fase de vapor en lugar de mediante electroplateado. Sin embargo, se prefiere el electroplateado debido a su eficiencia y economía.

Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención se usa preferiblemente para la constitución de un OCTG sin aplicación de suavizante o tras la aplicación de un suavizante verde. Particularmente una unión roscada que tenga un recubrimiento lubricante sólido 8a, 8a1 u 8a2 formado sobre una primera capa de plateado 6 de una aleación de Sn-Bi o Sn-Bi-Cu tal como se muestra en las Figuras 4 a la Figura 6 presenta propiedades de lubricación muy altas debido a la capacidad del polvo lubricante sólido en el recubrimiento lubricante para embeberse bajo presión en la primera capa de plateado que es relativamente blanda, y proporciona una buena resistencia al desgaste por rozamiento incluso si se usa para la constitución del OCTG sin aplicación de suavizante. Cuando se forma un recubrimiento lubricante de líquido viscoso o semisólido en la parte superior del recubrimiento lubricante sólido, se incrementa adicionalmente la resistencia al desgaste por rozamiento. De modo similar, cuando solo se forma un recubrimiento lubricante de líquido viscoso o semisólido por encima de la primera capa de plateado, si contiene un sólido lubricante (por ejemplo, un carbonato alcalinotérreo que está contenido en la sal de metal básico de un ácido orgánico), puede conseguirse la mejora anteriormente descrita en la lubricación y resistencia al desgaste por rozamiento debido a la capacidad de las partículas sólidas para embeberse en la primera capa de plateado.

En el caso de una unión roscada de acuerdo con la presente invención tal como se muestra en la Figura 1 o la Figura 2 en la que no se forma ningún recubrimiento lubricante de modo que está expuesta la primera capa de plateado de una aleación de Sn-Bi-Cu, es generalmente preferible usar la unión roscada para la constitución del OCTG tras la aplicación de un suavizante verde.

El suavizante es generalmente una composición semisólida o sólida que contiene uno o más espesantes y opcionalmente otras partículas sólidas dispersadas en aceite de lubricación. Los espesantes útiles incluyen detergentes metálicos, complejos de Ca, derivados de la urea, sales metálicas, y derivados de bentonita. Una clase de suavizante que esta sustancialmente libre de polvo de metal pesado y tiene una buena biodegradabilidad se refiere como un suavizante verde. Aunque no hay una definición especifica del suavizante verde, como una norma tosca, el suavizante verde debe tener un valor de BOD de al menos el 60 %. El suavizante verde se puede distinguir en términos de biodegradabilidad de un recubrimiento lubricante semisólido que puede formarse por encima de la primera capa de plateado de acuerdo con la presente invención. La consistencia de un suavizante se mide por la penetración definida en la norma JIS K 2220 5.3, de la misma manera que la de la grasa. Un recubrimiento lubricante líquido viscoso tiene una consistencia mucho menor, lo que puede medirse mediante un viscosímetro estándar tal como un viscosímetro Brookfield. Su viscosidad es generalmente como máximo 10.000 cSt a 40 °C.

Ejemplos

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Los siguientes ejemplos están dirigidos a demostrar los efectos de la presente invención, pero no se pretende que limiten la presente invención en ninguna forma. En los ejemplos, la superficie de contacto que incluye la parte roscada y la parte de contacto metálico sin roscar de un vástago se denominará como la "superficie del vástago", y la superficie de contacto que incluye la parte roscada y la parte de contacto metálico sin roscar de una caja se denominará como la "superficie de la caja".

Las uniones roscadas para tuberías de acero que se prepararon en los ejemplos estaban constituidas por un vástago formado sobre cada extremo de una tubería de acero sin costuras para el ensayo que medía un diámetro exterior de 244,5 mm, un grosor de pared de 13,84 mm, y una longitud de 1200 mm, y una caja formada sobre el interior del acoplamiento. Cada vástago tenía una parte roscada macho y una parte de contacto metálico sin roscar formada sobre su superficie periférica exterior, y cada caja tenía una parte roscada hembra y una parte de contacto metálico sin roscar formada sobre su superficie periférica interior. La tubería de acero y el acoplamiento se realizaron de acero 13 Cr, que es un acero de alta aleación que contiene 13 % de Cr, 0,1 % de Ni y 0,04 % de Mo.

Como se muestra en la Tabla 1 y en la Tabla 2, se formó al menos una capa de plateado y opcionalmente al menos un recubrimiento de lubricación por encima del plateado sobre la superficie de la caja de cada acoplamiento. La Tabla 1 ilustra los ejemplos de trabajo en los que no se forma ningún recubrimiento lubricante en los Ejemplos 1 - 8 y se formarán uno o dos recubrimientos lubricantes en los Ejemplos 9 - 13. Los Ejemplos 5 - 8 caen dentro del alcance de la presente invención. La Tabla 2 ilustra ejemplos comparativos en los que la capa de plateado más superior no fue una capa de plateado de aleación Sn-Bi o Sn-Bi-Cu.

El plateado de aleación Sn-Bi y el plateado de aleación Sn-Bi-Cu mostrados en la Tabla 1 se formaron mediante electroplateado usando la solución de plateado ácida descrita anteriormente (usando las fuentes de metal respectivas en la forma de una sal de ácido orgánico). La composición de la aleación de este plateado con aleación fue aproximadamente de 3 % de Bi para el plateado con aleación Sn-Bi y aproximadamente 3 % de Bi y aproximadamente 7,5 % de Cu para el plateado con aleación Sn-Bi-Cu. El plateado con aleación Sn-Cu usado en algunos ejemplos comparativos se forma mediante electroplateado usando una solución de plateado alcalina. El contenido de Cu del plateado con aleación Sn-Cu fue aproximadamente del 50 %.

Cuando se formó una segunda capa de plateado antes de la primera capa, se formó mediante electroplateado. El baño de electroplateado usado fue un baño de sulfonato para el plateado de Sn, un baño de cloruro de níquel para el plateado de Ni y un baño de cianuro de cobre para el plateado de Cu.

Aunque no se muestra en las Tablas 1 y 2, cada superficie de caja que se desgrasó, se sometió brevemente a un plateado de nivelación de Ni con un grosor de 0,5 µm usando un baño de cloruro de níquel para el plateado de nivelación antes de la formación de la capa de plateado más inferior indicada en la tabla, a la vista del metal base que era un acero de alta aleación. Sin embargo, en los Ejemplos 4 y 13 y los Ejemplos comparativos 1 - 3 y 5 - 7 en los que la capa de plateado más inferior fue una capa de plateado de Ni con un grosor de 1 µm, no se llevó a cabo el plateado de nivelación de Ni.

Los recubrimientos lubricantes usados en los ejemplos fueron recubrimientos lubricantes sólidos y un recubrimiento lubricante de líquido viscoso. El recubrimiento lubricante sólido contenía un polvo lubricante (grafito o disulfuro de molibdeno) en una resina epoxi y se formó mediante la aplicación de la composición de recubrimiento seguido por un recocido a una temperatura de aproximadamente 200 °C. El contenido del polvo lubricante en los recubrimientos lubricantes sólidos fue del 30 % en el caso del grafito y 40 % en el caso del disulfuro de molibdeno (MoS₂).

El recubrimiento lubricante de líquido viscoso contenía cera y un sulfonato de calcio básico como componentes lubricantes en un aceite mineral como aceite base.

Las uniones roscadas que tenían superficies de caja tratadas en la manera mostrada en las Tablas 1 y 2 se sometieron al siguiente ensayo de desgaste por rozamiento.

(Ensayo de desgaste por rozamiento)

5

15

25

30

35

40

45

Se insertó un vástago del extremo de una tubería de acero dentro de la caja de un acoplamiento. La superficie del vástago se había chorreado previamente con bolas de vidrio. En algunos ejemplos, se había aplicado previamente un suavizante verde comercialmente disponible a la superficie de la caja. Para simular la constitución y desmontaje del OCTG, las partes roscadas del vástago y la caja se acoplaron y apretaron con un par de 49351,8 N·m (36400 pies-libras) a temperatura ambiente hasta que las partes de contacto metálico sin roscar del vástago y la caja contactaron entre sí para la constitución, y a continuación se desacoplaron para desconectar la tubería de acero del acoplamiento para desmontaje. A continuación, la superficie de la caja se observó visualmente para determinar si había tenido lugar o no un desgaste por rozamiento.

Este procedimiento de constitución y desmontaje se realizó hasta diez veces, y se evaluó la resistencia al desgaste por rozamiento por el ciclo de constitución y desmontaje hasta la aparición de desgaste por rozamiento (agarrotamiento grave no reparable). Cuando se observó un ligero agarrotamiento reparable, el ensayo se continuó tras la reparación de la unión roscada. Los resultados se muestran en las Tablas 1 y 2.

Tabla 1

Ejemplo	Estructura de la superficie de caja (en el orden desde la capa superior a la inferior) (el valor entre paréntesis es el grosor de recubrimiento)	Aplicación de suavizante verde	Resultados del ensayo de desgaste por rozamiento (número de ciclos de constitución y desmontaje antes de la aparición del desgaste por rozamiento)
Ejemplo 1*	plateado con aleación Sn-Bi (15 µm)	Sí	8 veces
		No	6 veces
Ejemplo 2*	plateado con aleación Sn-Bi (12 μm); plateado Sn (5 μm)	Sí	10 veces
		No	8 veces
Ejemplo 3*	plateado con aleación Sn-Bi (14 μm); plateado de Cu (3 μm)	Sí	10 veces
Ejemplo 4*	plateado con aleación Sn-Bi (25 μm); plateado de Ni (1 μm)	Sí	10 veces
Ejemplo 5	plateado con aleación Sn-Bi-Cu (12 μm)	Sí	8 veces

Ejemplo	Estructura de la superficie de caja (en el orden desde la capa superior a la inferior) (el valor entre paréntesis es el grosor de recubrimiento)	Aplicación de suavizante verde	Resultados del ensayo de desgaste por rozamiento (número de ciclos de constitución y desmontaje antes de la aparición del desgaste por rozamiento)		
Ejemplo 6	plateado con aleación Sn-Bi-Cu (10 μm); plateado de Sn (10 μm)	Sí	10 veces		
Ejemplo 7	plateado con aleación Sn-Bi-Cu (15 μm); plateado de Cu (5 μm)	Sí	10 veces		
Ejemplo 8	plateado con aleación Sn-Bi-Cu (15 μm); plateado de Ni (5 μm)	Sí	10 veces		
Ejemplo 9*	recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (30 µm); plateado con aleación Sn-Bi (5 µm)	No	8 veces		
Ejemplo 10*	recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (30 mm); plateado con aleación Sn-Bi (11 μm); plateado de Sn (3 μm)	No	8 veces		
Ejemplo 11*	recubrimiento lubricante de líquido viscoso (200 μm); recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (10 μm); plateado con aleación Sn-Bi (10 μm)	No	10 veces		
Ejemplo 12*	recubrimiento lubricante de líquido viscoso (200 μm); recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (10 μm); plateado con aleación Sn-Bi (10 μm); plateado de Sn (5 μm)	No	10 veces		
Ejemplo 13*	recubrimiento lubricante de líquido viscoso (200 μm); recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (10 μm); plateado con aleación Sn-Bi (10 μm); plateado de Cu- (5 μm); plateado de Ni (1 μm)	No	10 veces		
* = no en la presente invención					

Tabla 2

Ejemplo comparativo	Estructura de la superficie de caja (en el orden desde la capa superior a la inferior) (el valor entre paréntesis es el grosor de recubrimiento)	Aplicación de suavizante verde	Resultados del ensayo de desgaste por rozamiento (número de ciclos de constitución y desmontaje antes de la aparición del desgaste por rozamiento)
Ejemplo comparativo 1	plateado de Cu (10 μm); plateado de Ni (1 μm)	Sí	4 veces
		No	1 vez
Ejemplo comparativo 2	recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (25 μm); plateado de Cu (10 μm); plateado de Ni (1 μm)	Sí	4 veces
		No	1 vez
Ejemplo comparativo 3	recubrimiento lubricante sólido conteniendo MoS ₂ (25 μm); plateado de Cu (10 μm); plateado de Ni (1 μm)	Sí	4 veces
Ejemplo comparativo 4	plateado de Cu-Sn (10 μm)	Sí	6 veces
Ejemplo comparativo 5	plateado de Cu (8 µm); plateado de Ni (1 µm).	No	2 veces
Ejemplo comparativo 6	recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (25 μm); plateado de Cu (8 μm); plateado de Ni (1 μm)	No	2 veces
Ejemplo comparativo 7	recubrimiento lubricante sólido conteniendo MoS ₂ (25 μm) plateado de; Cu (9 μm); plateado de Ni (1 μm)	No	2 veces
Ejemplo comparativo 8	recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito (25 μm); plateado de Cu-Sn (12 μm)	No	3 veces

(Ejemplo 1)

La superficie de la caja tenía una capa de recubrimiento con aleación Sn-Bi con un grosor de 15 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo ocho veces sin la aparición de desgaste por rozamiento. Cuando se sometió la misma superficie de caja al ensayo de desgaste por rozamiento sin aplicación del suavizante verde, la constitución y desmontaje pudo llevarse a cabo seis veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 2)

10

15

30

5

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Sn inferior con un grosor de 5 µm y una capa de plateado con aleación Sn-Bi con un grosor de 12 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento. Cuando se sometió la misma superficie de caja al ensayo de desgaste por rozamiento sin aplicación del suavizante verde, la constitución y desmontaje pudo llevarse a cabo ocho veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 3)

20 La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Cu inferior con un grosor de 3 μm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi superior con un grosor de 14 μm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

25 (Ejemplo 4)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 µm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi superior con un grosor de 25 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 5)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de aleación Sn-Bi-Cu con un grosor de 12 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo ocho veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 6)

40 La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Sn inferior con un grosor de 10 μm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi-Cu superior con un grosor de 10 μm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

45 (Ejemplo 7)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Cu inferior con un grosor de 5 µm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi-Cu superior con un grosor de 15 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 8)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 5 µm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi-Cu superior con un grosor de 15 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo tras la aplicación del suavizante verde a la superficie de la caja, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 9)

60

50

55

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de aleación Sn-Bi con un grosor de $5 \mu m$ y un recubrimiento de lubricante sólido conteniendo grafito con un grosor de $30 \mu m$ formado sobre la capa de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación del suavizante verde, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo ocho veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 10)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Sn inferior con un grosor de 3 µm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi superior con un grosor de 11 µm, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito con un grosor de 30 µm formado en la parte superior de las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación del suavizante verde, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo ocho veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 11)

10

15

20

5

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de aleación Sn-Bi con un grosor de 10 μ m, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito inferior con un grosor de 10 μ m y un recubrimiento lubricante del líquido viscoso superior con un grosor de 200 μ m formado sobre la capa de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación del suavizante verde, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo 12)

.

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Sn inferior con un grosor de 5 µm y una capa de plateado de aleación Sn-Bi con un grosor de 10 µm, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito inferior con un grosor de 10 µm y un recubrimiento lubricante del líquido viscoso superior con un grosor de 200 µm formado sobre las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación del suavizante verde, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

25 (Ejemplo 13)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni más inferior con un grosor de 1 μ m, una capa de plateado de Cu intermedia con un grosor de 5 μ m y una capa de plateado de aleación Sn-Bi con un grosor de 10 μ m, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito inferior con un grosor de 10 μ m y un recubrimiento lubricante del líquido viscoso superior con un grosor de 200 μ m formado sobre las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación del suavizante verde, la constitución y el desmontaje pudo llevarse a cabo diez veces sin la aparición de desgaste por rozamiento.

(Ejemplo comparativo 1)

35

40

30

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 µm y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 10 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo después de que se aplicó suavizante verde a la superficie de la caja, el desgaste por rozamiento apareció en el cuarto ciclo de constitución y desmontaje. Cuando se sometió la misma superficie de caja al ensayo de desgaste por rozamiento sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el primer ciclo.

(Ejemplo comparativo 2)

50

45

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 µm y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 10 µm, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito con un grosor de 25 µm formado en la parte superior de las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo después de que se aplicó suavizante verde a la superficie de la caja, el desgaste por rozamiento apareció en el cuarto ciclo de constitución y desmontaje. Cuando se sometió la misma superficie de caja al ensayo de desgaste por rozamiento sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el primer ciclo.

(Ejemplo comparativo 3)

55

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 μ m y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 10 μ m, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo MoS $_2$ con un grosor de 25 μ m formado en la parte superior de las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo después de que se aplicó suavizante verde a la superficie de la caja, el desgaste por rozamiento apareció en el cuarto ciclo de constitución y desmontaje.

(Ejemplo comparativo 4)

60

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de aleación de Sn-Cu con un grosor de 10 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo después de que se aplicó suavizante verde a la superficie de la caja, el desgaste por rozamiento apareció en el sexto ciclo de constitución y desmontaje.

(Ejemplo comparativo 5)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 µm y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 8 µm. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el segundo ciclo de constitución y desmontaje.

(Ejemplo comparativo 6)

5

20

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 µm y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 8 µm, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito con un grosor de 25 µm formado en la parte superior de las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el segundo ciclo de constitución y desmontaje.

15 (Ejemplo comparativo 7)

La superficie de la caja tenía una capa de plateado de Ni inferior con un grosor de 1 μ m y una capa de plateado de Cu superior con un grosor de 9 μ m, y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo MoS $_2$ con un grosor de 25 μ m formado en la parte superior de las capas de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el segundo ciclo de constitución y desmontaje.

(Ejemplo comparativo 8)

- La superficie de la caja tenía una capa de plateado de aleación de Sn-Cu con un grosor de 12 μm y un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito con un grosor de 25 μm formado en la parte superior de la capa de plateado. En el ensayo de desgaste por rozamiento que se llevó a cabo sin aplicación de suavizante verde, el desgaste por rozamiento apareció en el tercer ciclo de constitución y desmontaje.
- A partir de los resultados de los ejemplos y ejemplos comparativos anteriormente descritos, se puede ver que una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la presente invención fue claramente más efectiva en la supresión del desgaste por rozamiento que lo que fueron los ejemplos comparativos.

(Diferencia en afinidad)

Se investigó la diferencia en afinidad (humectabilidad) entre un recubrimiento de plateado de Cu y un recubrimiento de plateado de aleación de Sn-Bi. Las Figuras 7 y 8 son fotografías que muestran el estado de difusión de un líquido (agua) cuando se colocó una gota del líquido sobre la superficie de un recubrimiento de plateado de Cu (Figura 7) y un recubrimiento de plateado de aleación Sn-Bi (Figura 8) formados en los ejemplos. La cantidad de difusión indica la humectabilidad de las superficies, es decir, su afinidad por el líquido. El líquido se difunde más en el recubrimiento de plateado de aleación Sn-Bi que en el recubrimiento de plateado de Cu, indicando que el plateado de aleación de Sn-Bi tenía una afinidad mayor por el líquido.

La diferencia en afinidad se reflejó realmente en los resultados del ensayo de desgaste por rozamiento. Los Ejemplos 9 - 12, que tenían un recubrimiento lubricante sólido conteniendo grafito formado en la parte superior de un recubrimiento de plateado de aleación Sn-Bi, tenían una resistencia al desgaste por rozamiento superior a los Ejemplos comparativos 2 y 6, que tenían el mismo recubrimiento lubricante sólido formado en la parte superior de un recubrimiento de plateado de Cu. Una de las razones para esta diferencia en la resistencia al desgaste por rozamiento se piensa que es que la afinidad y por lo tanto la adhesión del recubrimiento lubricante sólido a la capa de plateado fue mayor para el recubrimiento de plateado de aleación Sn-Bi que para el recubrimiento de plateado de Cu.

ES 2 594 653 T3

REIVINDICACIONES

- 1. Una unión roscada para tuberías de acero que comprende un vástago y una caja teniendo cada uno una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálico sin roscar, **caracterizada por que** tiene una primera capa de plateado formada a partir de un plateado de aleación de Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto de al menos una de entre el vástago y la caja.
- Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la reivindicación 1 que tiene una segunda capa de plateado seleccionada de entre plateado de Sn, plateado de Cu y plateado de Ni por debajo de la primera capa de plateado.
 - 3. Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2 que tiene al menos una capa de un recubrimiento lubricante sobre la superficie de la primera capa de plateado.
- 4. Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la reivindicación 3 en el que el recubrimiento lubricante comprende una única capa de un recubrimiento lubricante seleccionado de entre un recubrimiento lubricante de líquido viscoso, un recubrimiento lubricante semisólido y un recubrimiento lubricante sólido.
- 5. Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la reivindicación 3 en la que el recubrimiento lubricante comprende una capa inferior de un recubrimiento lubricante sólido y una capa superior de un recubrimiento lubricante de líquido viscoso o un recubrimiento lubricante sólido.
 - 6. Una unión roscada para tuberías de acero de acuerdo con la reivindicación 4 o la reivindicación 5 en el que el recubrimiento lubricante sólido contiene un polvo lubricante sólido.
 - 7. Un vástago de una unión roscada para tuberías de acero que tiene una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálico sin roscar, **caracterizado por que** tiene una primera capa de plateado formada a partir de un plateado de aleación Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto.
 - 8. Una caja de una unión roscada para tuberías de acero que tiene una superficie de contacto que incluye una parte roscada y una parte de contacto metálico sin roscar, **caracterizada por que** tiene una primera capa de plateado formada a partir de un plateado de aleación Sn-Bi-Cu sobre al menos una parte de la superficie de contacto.

5

Fig. 1

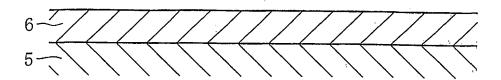


Fig. 2

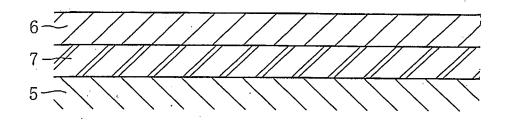


Fig. 3

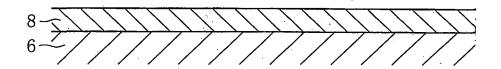


Fig. 4

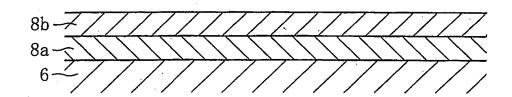


Fig. 5

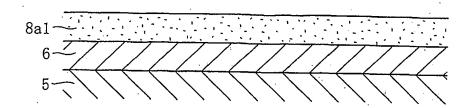


Fig. 6

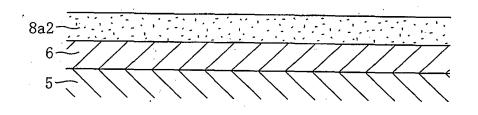


Fig. 7

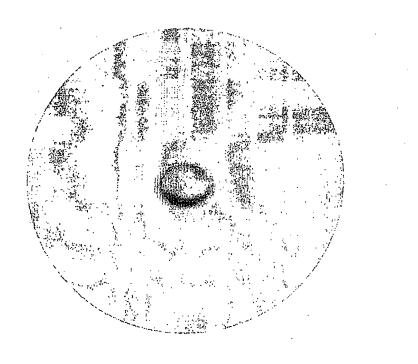


Fig. 8

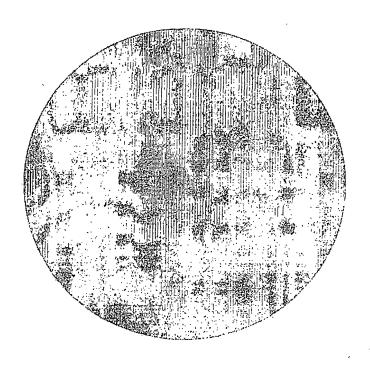


Fig. 9

