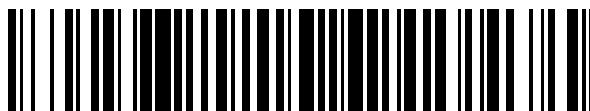


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 913**

51 Int. Cl.:

C10M 169/04 (2006.01)

C09D 5/10 (2006.01)

C10N 30/06 (2006.01)

C10N 50/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2009 E 09720244 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2013 EP 2252673**

54 Título: **Procedimiento para el ajuste del coeficiente de fricción de una pieza de trabajo metálica**

30 Prioridad:

13.03.2008 DE 102008014027

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

12.11.2013

73 Titular/es:

**EWALD DÖRKEN AG (100.0%)
Wetterstrasse 58
58313 Herdecke, DE**

72 Inventor/es:

**REUSMANN, GERHARD;
KRUSE, THOMAS y
MERTENS, HEIKE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 428 913 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

Procedimiento para el ajuste del coeficiente de fricción de una pieza de trabajo metálica

La invención se refiere a un procedimiento para el ajuste del coeficiente de fricción de una pieza de trabajo metálica.

5 Para aumentar la vida útil de piezas de trabajo metálicas que están expuestas a humedad, es imprescindible un revestimiento de protección contra la corrosión. Para piezas de trabajo galvanizadas o provistas electrolíticamente de una capa de metal, el documento US 2007/0196632 A1 describe una aplicación multicapa de barniz que, cerca de la superficie de la pieza de trabajo, presenta un elevado contenido de lubricantes, mientras que las capas de barniz más alejadas de la superficie de la pieza de trabajo presentan una cantidad menor de lubricantes. Se supone que los barnices aplicados sobre superficies galvanizadas o capas de metal depositadas electrolíticamente no son
10 resistentes a abrasión, de tal manera que los lubricantes no se pueden usar de forma razonable en las capas externas de barniz. Además del revestimiento con una capa de metal cerrada de un metal adecuado (por ejemplo, cinc) habitualmente mediante galvanizado, una variante de la protección contra la corrosión es el revestimiento con un agente de protección contra la corrosión que se aplica sobre la pieza de trabajo en forma líquida. Un agente de protección contra la corrosión de este tipo habitualmente contiene, además de un aglutinante y un disolvente, partículas de metal. Después de la aplicación del agente de protección contra la corrosión sobre la pieza de trabajo se endurece el aglutinante con temperatura y las partículas de metal alojadas en su interior forman una capa de protección más o menos continua sobre el sustrato de metal.

15 En el ámbito de la presente invención se denomina capa de base (basecoat) a un agente de protección contra la corrosión que, tal como se ha explicado, comprende un aglutinante y partículas de metal. Esta denominación se usa en el presente documento tanto para el agente de protección contra la corrosión líquido como para un revestimiento que se produce mediante aplicación y, eventualmente, endurecimiento de al menos un agente de protección contra la corrosión de este tipo.

20 Para las capas de base son importantes particularmente las partículas de metal que ofrecen, por un lado, protección anódica contra la corrosión, ya que durante la oxidación se revisten de una capa de protección resistente a la intemperie, por otro lado, sin embargo, que ofrecen también una protección catódica contra la corrosión a las partes expuestas del sustrato de metal, ya que son menos nobles que el sustrato y, de este modo, actúan de ánodo de sacrificio para el mismo. Para ambos tipos es deseable una cubrición en la medida de lo posible sin huecos del sustrato por las partículas de metal, para la protección catódica contra la corrosión es necesario también un contacto de las partículas de metal unas con otras y con el sustrato, ya que pueden actuar de ánodo de sacrificio solo las
25 partículas de metal que están en contacto eléctrico con el sustrato.

También el aglutinante puede servir para la protección contra la corrosión, sin embargo, el mismo, a diferencia de la protección activa contra la corrosión mediante las partículas de metal es de tipo pasivo, es decir, gracias a una capa que inhibe la difusión, las influencias corrosivas se mantienen sustancialmente alejadas del sustrato de metal.

30 Si se desean, más allá de la protección contra la corrosión, determinadas propiedades de la superficie, para esto se usa con frecuencia, a aplicar sobre la capa de base, una capa superior (topcoat). Esta última con frecuencia no contiene partículas de metal y si lo hace, entonces para influir en el aspecto, no para la protección activa catódica o anódica contra la corrosión. Para determinadas aplicaciones, por ejemplo, piezas roscadas, se añaden a la capa superior lubricantes para ajustar el coeficiente de fricción.

35 Particularmente en el caso de piezas pequeñas de producción en masa, que se revisten en el procedimiento de inmersión y centrifugación, por norma general se necesitan dos capas de la capa de base, ya que solo de este modo se compensan los puntos de contacto que se producen debido al procedimiento de aplicación. De este modo, en piezas pequeñas de producción en masa, comercialmente se usan por lo general sistemas con dos capas de capa de base de protección contra la corrosión y una o dos capas de capa superior para ajustar propiedades tribológicas.

40 También existe la posibilidad de integrar lubricante en la capa de base. De este modo se pueden ahorrar tiempo y costes, ya que no se tiene que usar una capa superior independiente para ajustar coeficientes de fricción.

Sin embargo, a partir de esto resulta la desventaja de que para ajustar coeficientes de fricción deseados en la superficie se tiene que añadir, a las capas de base la mayoría de las veces muy pigmentadas, relativamente mucho lubricante. Particularmente en el caso de lubricantes de alta calidad, tales como politetrafluoroetileno (PTFE) se obtienen por ello costes elevados.

45 El documento EP 0976 795 desvela un revestimiento de efecto anticorrosivo, mediante el cual se puede ajustar el coeficiente de fricción sobre la superficie de un revestimiento. El ajuste del coeficiente de fricción es posible mediante una compleja composición predefinida de aglutinantes orgánicos y ceras. Sin embargo, los aglutinantes orgánicos no son muy resistentes y los revestimientos producidos a partir de los mismos se pueden usar de forma limitada.

50 El documento US 2007/0176632 enseña cómo aplicar, en una pieza de trabajo provista de un revestimiento contra la corrosión, una concentración alta de lubricantes cerca de la superficie de la pieza de trabajo, mientras que la

superficie opuesta a la pieza de trabajo del revestimiento de protección contra la corrosión presenta solo una reducida cantidad de lubricante.

Por tanto, el objetivo de la invención consiste en proponer una posibilidad para el uso más eficaz de lubricantes en un revestimiento anti-corrosión.

- 5 El objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un procedimiento para el ajuste del coeficiente de fricción de una pieza de trabajo metálica según la reivindicación 1 así como mediante una pieza de trabajo metálica según la reivindicación 13.

10 En el procedimiento de acuerdo con la invención para el ajuste del coeficiente de fricción de la superficie de una pieza de trabajo metálica se aplica y endurece un revestimiento multicapa sobre la pieza de trabajo. Para esto se aplican, por capas, varias capas de base que presentan, respectivamente, al menos un aglutinante y partículas metálicas. Al menos una de las capas de base usadas presenta al menos un lubricante. Si se caracteriza el revestimiento por una superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo y una superficie límite opuesta a la pieza de trabajo, entonces se ajusta, de acuerdo con la invención, el coeficiente de fricción gracias a una concentración de lubricante que es menor en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo que en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo.

15 En este sentido, la invención se basa en el conocimiento de que con un uso dirigido, selectivo de lubricante dentro de un revestimiento estructurado a partir de varias capas de base es posible ajustar las propiedades tribológicas deseadas de una pieza de trabajo.

20 Dentro del procedimiento de acuerdo con la invención se pueden aplicar por capas varias capas de base que comprenden lubricante en diferente concentración y/o composición, lo que incluye también la posibilidad de que al menos una capa de base (sin embargo, no todas) no comprenda lubricante.

25 El experto sabe que determinados lubricantes, tales como, por ejemplo, ácidos grasos tales como ácido oleico o ácido esteárico con frecuencia son incluidos por arrastre como impurezas durante la producción de materias primas, particularmente de partículas de metal para agentes de protección contra la corrosión, sin que se pretenda un uso como lubricante. Por norma general, estas sustancias se usan durante la producción de partículas de metal como coadyuvantes y se adhieren al menos como trazas inevitablemente a las partículas. Pueden estar añadidas también menores cantidades de ceras espesas, por ejemplo, ceras de polietileno, como aditivos para ajustar, por ejemplo, la reología del agente de revestimiento. En el ámbito de la presente invención no se tienen en cuenta las trazas de lubricante en el sentido de que una capa que contiene menos del 1,0 % en peso de lubricante se denomina capa sin lubricante. Solo cuando la parte en peso se encuentra en el valor mencionado o por encima, se considera que la capa presenta lubricante.

30 El procedimiento de acuerdo con la invención posibilita un uso muy eficaz de lubricantes, particularmente de lubricantes sólidos. Ahora es posible usar lubricantes en una alta concentración en proximidad de la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo, donde los mismos sirven para ajustar un coeficiente de fricción, mientras que en las zonas subyacentes se usa menos o ningún lubricante. Por tanto, el uso de lubricantes se puede limitar a las zonas donde despliegan el mayor efecto. Esto, por norma general, son las zonas de la capa de base externas, opuestas a de la pieza de trabajo. La superficie externa de la capa de base, es decir, la superficie límite (o al menos partes de la misma) opuesta a la pieza de trabajo durante el uso de la pieza de trabajo habitualmente es la superficie de contacto con otras piezas de trabajo, es decir, por ejemplo, el punto de contacto entre un tornillo y una tuerca. Se ha mostrado que se determina el coeficiente de fricción preferentemente por la concentración de lubricante en la zona de esta superficie límite. Por tanto, de acuerdo con la invención se puede usar considerablemente menos lubricante que en procedimientos según el estado de la técnica. Por ello se obtienen ahorros decisivos de costes, considerando la cantidad muy elevada de las piezas a revestir, particularmente en el caso de piezas pequeñas de producción en masa.

45 Además, se ha demostrado que los lubricantes con frecuencia empeoran espectacularmente las propiedades de protección contra la corrosión. Los aditivos de lubricante, por ejemplo, ceras, por un lado pueden perjudicar la configuración de una película cerrada de aglutinante, por otro lado, se colocan entre o sobre los pigmentos de metal y, de este modo, obstaculizan la configuración de una capa cerrada de protección. De este modo, por ejemplo, los revestimientos de copos de cinc con lubricante integrado para ajustar coeficientes de fricción con frecuencia presentan una menor protección contra la corrosión que los revestimientos análogos sin aditivo de lubricante.

50 Ya que en el caso del procedimiento de acuerdo con la invención se puede mantener reducida la concentración de lubricante dentro de una capa de base selectivamente, en particular en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo, o se puede no usar allí lubricante en absoluto, se puede formar allí una película cerrada de partículas activas de metal. Las partículas de metal usadas allí contribuyen totalmente a la protección activa contra la corrosión, ya que sin la influencia perjudicial del lubricante está garantizado el contacto necesario entre las partículas de metal, normalmente partículas de cinc y/o aluminio. Las capas de la capa de base en las que se usa lubricante, particularmente en una mayor concentración, sin embargo, debido a las partículas de metal contenidas también contribuyen a la protección activa contra la corrosión. Esto es una ventaja decisiva frente a los procedimientos de

acuerdo con el estado de la técnica en los que el lubricante está contenido exclusivamente en la capa superior, que no contiene partículas de metal para la protección contra la corrosión. Gracias al procedimiento de acuerdo con la invención se obtiene un revestimiento de protección contra la corrosión estable, eficaz, con un coeficiente de fricción que se puede ajustar de forma definida, que es superior a los revestimientos conocidos hasta ahora.

- 5 En el procedimiento de acuerdo con la invención, con una composición constante del lubricante se varía la concentración de lubricante de tal manera que la misma es mayor en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo que en la superficie límite dirigida a la pieza de trabajo. Como ya se ha explicado, en este caso, por ejemplo, es concebible que en la zona de la superficie límite mencionada en último lugar se encuentre poco o nada de lubricante, por lo que se puede garantizar una protección óptima contra la corrosión gracias a las partículas de metal contenidas. Al mismo tiempo, la zona exterior de la capa de base, es decir, en proximidad de la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo, puede haber más lubricante para garantizar un coeficiente de fricción definido.

10 En un perfeccionamiento preferido del procedimiento, la composición de lubricante presenta lubricante con un punto de fusión inferior a 170 °C, preferentemente inferior a 150 °C (denominado en lo sucesivo lubricante de bajo punto de fusión) y lubricante con un punto de fusión de 150 °C (denominado en lo sucesivo lubricante de alto punto de fusión), preferentemente de 170 °C o superior, diferenciándose la concentración de lubricantes con un punto de fusión de 150 °C o 170 °C o mayor en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo de la de la superficie límite dirigida a la pieza de trabajo. Son ejemplos de lubricantes de bajo punto de fusión polipropileno (PP) y polietileno (PE), son ejemplos de lubricantes de alto punto de fusión PTFE, sulfuro de molibdeno, grafito y nitruro de boro. Si el aglutinante endurece a una temperatura de aproximadamente 150 °C o 170 °C o mayor, entonces durante este procedimiento térmico de endurecimiento se funden los lubricantes de bajo punto de fusión y pueden reticular, eventualmente, también con el aglutinante.

15 Determinados lubricantes de alto punto de fusión, por ejemplo, PTFE o PTFE modificado, ECTFE o poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF) que están contenidos por norma general en forma de partículas en la capa de base, a las temperaturas aumentadas durante el procedimiento de endurecimiento presentan una especie de "flotación", es decir, migran hacia el exterior, en dirección a la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo. Este efecto se aprovecha en el marco del procedimiento de acuerdo con la invención para ajustar, en la zona de la superficie límite mencionada, una mayor concentración de estos lubricantes.

20 Las posibilidades de variación del procedimiento de acuerdo con la invención son diversas. Es concebible también una variación combinada de concentración de lubricante y composición de lubricante, de tal manera que tanto la primera como la última se diferencian en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo de la de la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo. De este modo, por ejemplo, una capa de base de acuerdo con la invención cerca de la pieza de trabajo puede contener el 20 % en peso de PE, mientras que contiene, en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo, el 10 % en peso de PVDF. Gracias a una combinación de este tipo se puede garantizar que en caso de un daño superficial de la capa de base se mantiene un coeficiente de rozamiento esencialmente sin modificar.

25 Como lubricante se consideran todas las sustancias conocidas por el estado de la técnica tales como, por ejemplo, hidrocarburos halogenados, particularmente politetrafluoroetileno (PTFE), poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), copolímero de tetrafluoroetileno/hexafluoropropileno (FEP), copolímero de perfluoroalcoxi (PFA), copolímero de tetrafluoroetileno con propileno perfluorado y éter vinílico de perfluoroalquilo (EPE), copolímero de tetrafluoroetileno y éter vinílico de perfluorometilo (MFA), MoS₂, nitruro de boro, grafito, grafito fluorado, cera de carnauba, polisulfonas, resinas poliolefinicas, particularmente polietileno (PE) y polipropileno (PP), mezclas de los mismos o una combinación de los mismos. En este sentido, como ya se ha expuesto, también es posible usar por capas diferentes lubricantes.

30 Las partículas de metal usadas pueden ser del tipo más diverso. Pueden estar compuestas de cinc, aluminio, estaño, magnesio, níquel, cobalto, manganeso, titanio o aleaciones de los mismos. También es concebible mezclar partículas de distintos metales o aleaciones. Las partículas pueden estar presentes en forma de placas, granos, polvo o una combinación de los mismos. Un tipo particularmente preferido de partículas de metal lo representan las placas de cinc o placas de aleaciones de cinc.

35 En el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden usar capas de base con distintos aglutinantes, que ya son conocidos por el estado de la técnica. Un grupo importante de aglutinante son los silanos, particularmente los silanos organofuncionales, por ejemplo, γ -glicidoxipropiltrimetoxisilano. Además de los silanos también son adecuados los siloxanos tales como, por ejemplo, metiloxipolisiloxano o silicatos tales como, por ejemplo, silicatos de metales alcalinos o alquilsilicatos. Particularmente se pueden usar los aglutinantes mencionados junto con endurecedores amínicos (eventualmente aminosilanos).

40 Además se consideran aglutinantes basados en titanatos. Estos contienen normalmente éster de titanato de alquilo, de este modo, por ejemplo, ésteres monoméricos tales como tetrabutiltitanato, sin embargo, también poliméricos tales como polibutiltitanato.

Como aglutinantes pueden servir también compuestos de cromo VI que se pueden añadir, por ejemplo, en forma de

sales tales como cromatos de amonio o de metales alcalinos.

Los aglutinantes mencionados polimerizan durante el procedimiento de endurecimiento con escisión de agua y/o alcoholes. Por tanto, en el revestimiento endurecido se encuentran preferentemente productos de polimerización de estos aglutinantes. También son adecuadas mezclas de los aglutinantes mencionados, de este modo, por ejemplo, de silanos y titanatos que, en este caso, pueden formar un polímero común.

Además, en el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden usar aglutinantes orgánicos tales como epóxidos, uretanos, acrilatos (por ejemplo, metacrilato de metilo) y/o poliésteres como copolímeros orgánicos junto con los aglutinantes inorgánicos que se han mencionado anteriormente.

Una posible forma de proceder para el ajuste de acuerdo con la invención de un coeficiente de fricción consiste en que se aplica en primer lugar una primera capa de base, que comprende un aglutinante, partículas de metal y, opcionalmente, un lubricante, en fase acuosa u orgánica, en una o varias capas sobre la pieza de trabajo. A continuación se aplica al menos otra capa de base, que comprende respectivamente un aglutinante, partículas de metal y, opcionalmente, un lubricante, en fase acuosa u orgánica por capas. En este caso se usan, incluyendo la primera capa de base, al menos dos capas de base con diferente concentración y/o composición de lubricante. Después de cada una de las etapas de revestimiento puede realizarse un endurecimiento térmico del revestimiento aplicado, como alternativa se endurecen las capas en su totalidad en una única etapa del procedimiento.

En este caso se puede proceder, por ejemplo, del siguiente modo: se aplican sucesivamente tres capas de base, de las cuales cada una contiene partículas de metal además de un aglutinante para garantizar una protección suficiente contra la corrosión. Se aplica una primera capa de base que no contiene lubricante. Después de esto se aplica otra capa de base que comprende sulfuro de molibdeno como lubricante. Finalmente se aplica una tercera capa de base que contiene PTFE como lubricante, después se realiza el endurecimiento térmico del revestimiento de tres capas.

Además de los componentes mencionados, tal como se conoce por el estado de la técnica, pueden haberse añadido a las capas de base individuales otros aditivos tales como espesantes, antiespumantes, humectantes, tensioactivos, cargas o pigmentos de color.

Tal como es sabido por el estado de la técnica, en el procedimiento de acuerdo con la invención se prefiere que la pieza de trabajo se trate previamente antes de la aplicación del revestimiento. En este caso son posibles procedimientos de tratamiento la limpieza, desengrasado, decapado, tratamiento con chorro de arena, tratamiento con chorro de aire comprimido y/o fosfatado.

En un perfeccionamiento de la invención está previsto que sobre el revestimiento de una o varias capas se aplique una capa superior clásica de una o varias capas. En este contexto, cada revestimiento que comprende un aglutinante, pero no pigmentos de metal para la protección activa contra la corrosión se denomina capa superior, es decir, no se diferencia entre "capa superior" y "sellado". La capa superior puede contener, tal como es conocido por el estado de la técnica, opcionalmente un lubricante. También existe la posibilidad de que la capa superior contenga, además de pigmentos de color y otros componentes que son conocidos por el experto, ciertas cantidades de partículas de metal para la generación de un "aspecto metálico".

A continuación se explica el funcionamiento de la invención mediante ejemplos de realización.

Ejemplo 1

Para el revestimiento de tornillos de acero se preparan tres baños con capas de base A, B y C. Cada uno de los baños se prepara del siguiente modo.

El 29,2 % en peso de agua desionizada se mezclan con agitación moderada con el 4,6 % en peso de γ -glicidoxipropiltrimetoxisilano y el 0,9 % en peso de ácido bórico. Después de 3 horas de agitación se añaden a la mezcla otro 45,1 % en peso de agua desionizada y una mezcla de humectantes que contiene el 2,3 % en peso de un humectante de nonilfenol no iónico, etoxilado ("NENN") con una masa molar de 395 y un peso específico de 1,0298 a 20/20 °C así como el 2,3 % en peso de un NENN con una masa molar de 616 y un peso específico de 1,057 a 20/20 °C. A esta mezcla se añaden entonces otro 3,1 % en peso del silano mencionado, el 6,3 % en peso de acetona y el 1,1 % en peso de 1-nitropopano. A esto se añaden pasta de cinc y PTFE en polvo en diferentes partes en peso dependiendo del baño. El cinc en forma de copos posee un grosor de partícula de aproximadamente 0,1 a 0,5 μm y una máxima extensión de las partículas individuales de aproximadamente 80 μm . A continuación, las sustancias usadas se mezclan durante aproximadamente 3 horas en un disolvedor Cowles que se hace funcionar con aproximadamente 960 rpm. A la mezcla obtenida a partir de esto se añaden entonces, mientras que se continúa durante 1 hora la agitación, el 0,6 % en peso de bis-(tridecil)-sulfosuccinato de sodio (humectante aniónico) y se continúa la mezcla durante aproximadamente 12 horas. Después de que se ha envejecido el agente de revestimiento obtenido a partir de esto durante 6 días se añaden otro 4,5 % en peso de γ -glicidoxipropiltrimetoxisilano con agitación.

Las partes en peso de pasta de cinc y PTFE se seleccionan de tal manera que (con respecto al 100 % en peso de las capas de base terminadas)

- el baño A contiene el 35 % en peso de pasta de cinc y nada de PTFE,
- el baño B, el 35 % en peso de pasta de cinc así como el 1 % en peso de PTFE y
- el baño C, el 35 % en peso de pasta de cinc así como el 3 % en peso de PTFE.

5 Los tornillos de acero se desengrasan en una solución de limpieza compuesta de agua, en la que se han disuelto en respectivamente 1 litro de agua 9 g de fosfato de potasio y 27 g de hidróxido de potasio, a 75 °C y a continuación se limpian con agua del grifo. El procedimiento de desengrasado y limpieza se repite de nuevo y a continuación se secan los tornillos.

10 Para el revestimiento se ponen los tornillos en una cesta de alambre que se sumerge en un baño A. A continuación se extrae la cesta del baño y se elimina mediante centrifugación el exceso de capa de base a 300 rpm en dos procesos de centrifugación de, respectivamente, 10 segundos.

A continuación se extraen los tornillos de la cesta y se seca el aglutinante previamente en el horno durante 10 minutos a 70 °C y a continuación se endurece a 320 °C durante 30 minutos. Después del endurecimiento de la primera capa se sumergen los tornillos en una segunda cesta de alambre en un baño B. A continuación se repiten los procesos ya descritos de centrifugación y endurecimiento.

15 Finalmente se repiten los procedimientos descritos de revestimiento, centrifugación y endurecimiento con la capa de base en el baño C.

Por ello se obtiene un revestimiento extremadamente delgado con un espesor de aproximadamente 30 µm que, por un lado, presenta propiedades excelentes de protección contra la corrosión, por otro lado, posibilita un ajuste exacto del coeficiente de fricción.

20 Ejemplo 2 (no representa la invención)

Para el revestimiento de tornillos de acero se preparan tres baños con capas de base D, E y F. Para cada una de las capas de base se prepara un aglutinante con los siguientes componentes.

25 Trimetoxivinilsilano: 9,8 % en peso,
 Etilhexanolato de titanio (titanato de tetra-2-etilhexilo): 24,9 % en peso,
 polititanato de *N*-butilo (tetrabutanolato de titanio, polímero): 36,8 % en peso,
 Alcohol: 14,5 % en peso, así como
 Agente anti-sedimentación: en total el 11,4 % en peso. Se usan distintos agentes anti-sedimentación, en este caso: el 2,6 % en peso de ácido silícico amorfo, el 3,1 % en peso de PaintAdditiveY25 SN (Ashland) y el 5,7 % en peso de solución Ethocell 45 al 11 % en peso en alcohol de la Ewald Dörken AG así como
 30 Aditivo humectante y dispersante: el 2,6 % en peso de Disperbyk 160 solución al 20 % en hidrocarburos aromáticos (Dörken)
 Suma: 100 % en peso con respecto al aglutinante.

35 Para el ajuste de las propiedades de protección contra la corrosión se usa una mezcla de pasta de cinc (pasta de cinc: el 90 % en peso de polvo de cinc con el 10 % en peso de disolvente orgánico amasado) con un diámetro medio de las partículas de cinc de aproximadamente 4 µm así como pasta de aluminio. La proporción en peso de pasta de cinc : pasta de aluminio en este caso asciende a 55:2. Además de la pasta de partículas de metal se añade al aglutinante opcionalmente también un lubricante, variando las partes en peso dependiendo de la capa de base, tal como se explica a continuación.

40 Cada una de las capas de base se prepara en un recipiente de preparación refrigerable y calentable con mecanismo de agitación integrado, regulable de forma continua. Los componentes que se han mencionado anteriormente para el aglutinante así como la pasta de metal y el lubricante se mezclan con agitación en la secuencia indicada uno tras otro en el recipiente de preparación. La temperatura se encuentra entre +5 °C y + 60 °C. El mecanismo de agitación está ajustado a 1.000 rpm y después de la adición del respectivo componente se mezcla durante 5 minutos.

Las partes en peso de pasta de metal y lubricante se seleccionan de tal manera que

- 45
- el baño D contiene el 57 % en peso de pasta y nada de lubricante,
 - el baño E, el 57 % en peso de pasta y el 5 % en peso de polietileno así como
 - el baño F, el 57 % en peso de pasta y el 2 % en peso de PTFE,

respectivamente con respecto al 100 % en peso de capa de base.

50 De forma análoga al ejemplo 1 se revisten tornillos de acero uno tras otro en los tres baños. El endurecimiento de las capas individuales, en este sentido, se realiza en el intervalo de, respectivamente, 30 minutos a 200 °C de temperatura de objeto.

Se obtiene un revestimiento con propiedades excelentes de protección contra la corrosión, en el que a través de la capa situada en el exterior que presenta PTFE está ajustado de forma exacta un coeficiente de fricción. Gracias a la

presencia de la capa media que presenta polietileno también están garantizadas, incluso en caso de un daño de la capa externa, propiedades tribológicas suficientemente definidas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el ajuste del coeficiente de fricción de la superficie de una pieza de trabajo metálica mediante aplicación y endurecimiento de un revestimiento multicapa de protección contra la corrosión en fase acuosa u orgánica con una superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo y con una superficie límite opuesta a la pieza de trabajo, aplicándose, por capas, varias capas de base que presentan respectivamente al menos un aglutinante y partículas metálicas, presentando al menos una de las capas de base al menos un lubricante, **caracterizado porque**
- el aglutinante se selecciona del grupo compuesto por silanos, siloxanos, silicatos, titanatos y compuestos de cromo VI o mezclas de productos de polimerización de los mismos, porque
 - las partículas de metal contribuyen a la protección contra la corrosión y porque
 - el coeficiente de fricción se ajusta mediante una concentración de lubricante que, con composición constante del lubricante, es menor en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo que en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo.
2. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la composición de lubricante presenta lubricante con un punto de fusión inferior a 150 °C y lubricante con un punto de fusión de 150 °C o superior, diferenciándose la concentración de lubricantes con un punto de fusión de 150 °C o superior en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo de la de la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la concentración de lubricantes con un punto de fusión de 150 °C o superior en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo es mayor que en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** la concentración de lubricantes con un punto de fusión de hasta 150 °C en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo es mayor que en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo.
5. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el al menos un lubricante se selecciona del grupo compuesto por hidrocarburos halogenados, MoS₂, nitruro de boro, grafito, grafito fluorado, cera de carnauba, polisulfonas, resinas poliolefinicas, mezclas de los mismos o una combinación de los mismos.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** como lubricante de hidrocarburo halogenado se seleccionan particularmente politetrafluoroetileno (PTFE), poli(fluoruro de vinilideno) (PVDF), copolímero de tetrafluoroetileno/hexafluoropropileno (FEP), copolímero de perfluoroalcoxi (PFA), copolímero de tetrafluoroetileno con propileno perfluorado y éter vinílico de perfluoroalquilo (EPE), copolímero de tetrafluoroetileno y éter vinílico de perfluorometilo (MFA), mezclas de los mismos o una combinación de los mismos.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** como lubricante de poliolefina se seleccionan particularmente polietileno (PE) y polipropileno (PP), mezclas de los mismos o una combinación de los mismos.
8. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las partículas metálicas se seleccionan del grupo compuesto por cinc, aluminio, estaño, magnesio, níquel, cobalto, manganeso, titanio así como mezclas y aleaciones de los mismos en forma de placas, granos o polvo o una combinación de los mismos.
9. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se usan copolímeros orgánicos del aglutinante con epóxidos, uretanos, acrilatos o poliésteres o una combinación de los mismos.
10. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores con las etapas:
- aplicación de una o varias capas de una primera capa de base que comprende un aglutinante, partículas de metal que son adecuadas para la protección contra la corrosión y, opcionalmente, un lubricante, en fase acuosa u orgánica, sobre la pieza de trabajo
 - a continuación, aplicación por capas de al menos otra capa de base que comprende, respectivamente, un aglutinante, partículas de metal y un lubricante, en fase acuosa u orgánica,
- usándose al menos dos capas de base con diferente concentración de lubricante.
11. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la pieza de trabajo antes de la aplicación del revestimiento se trata previamente, en particular se limpia, se desengrasa, se trata con chorro de arena, se trata con chorro de aire, se fosfata, se imprima o se provee de un adhesivo.
12. Procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** después

de la aplicación del revestimiento se aplica una capa superior de una o varias capas.

13. Pieza de trabajo con una superficie metálica, con un revestimiento multicapa de protección contra la corrosión con una superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo y con una superficie límite opuesta a la pieza de trabajo de varias capas de base que están aplicadas, respectivamente, por capas y que presentan, respectivamente, al menos un aglutinante y partículas metálicas, presentando al menos una de las capas de base al menos un lubricante, **caracterizada porque** el aglutinante se selecciona del grupo compuesto por silanos, siloxanos, silicatos, titanatos y compuestos de cromo VI o mezclas de productos de polimerización de los mismos, porque

- 5
 - 10
- las partículas de metal contribuyen a la protección contra la corrosión y porque
 - el coeficiente de fricción, con composición constante del lubricante, se ajusta gracias a una concentración de lubricante que es menor en la superficie límite dirigida hacia la pieza de trabajo que en la superficie límite opuesta a la pieza de trabajo.