

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 428**

51 Int. Cl.:

F16K 11/078 (2006.01)

F16K 3/02 (2006.01)

F16K 3/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2003** **E 10184285 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.09.2021** **EP 2275725**

54 Título: **Componente de válvula con múltiples capas de superficie**

30 Prioridad:

18.12.2002 US 322871

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

01.03.2022

73 Titular/es:

DELTA FAUCET COMPANY (100.0%)

**55 East 111th Street
Indianapolis, IN 46280 , US**

72 Inventor/es:

**WELTY, RICHARD;
BRONDUM, KLAUS;
RICHMOND, DOUGLAS S y
JONTE, PATRICK B**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 897 428 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

Componente de válvula con múltiples capas de superficie

5 **Campo de la invención**

Esta invención se refiere en general a revestimientos de superficie multicapa para su uso con artículos de fabricación y productos que requieren baja fricción, bajo desgaste, y superficies exteriores protectoras. Más particularmente, la invención se refiere a artículos que tienen componentes mutuamente deslizantes, tales como componentes de válvula para válvulas de mezcla de agua, que tienen capas protectoras de superficie que comprenden una capa de refuerzo y un revestimiento externo de diamante amorfo.

Antecedentes de la invención

En determinadas aplicaciones, tales como, por ejemplo, placas de válvula para válvulas de control de fluido, existe la necesidad de que las superficies mutuamente deslizantes sean resistentes al desgaste, resistentes a la abrasión, resistentes al rayado, y tengan un bajo coeficiente de fricción. Los elementos de un tipo de válvula de control para mezclar corrientes de agua fría y caliente comprenden normalmente un disco estacionario y un disco deslizante móvil, aunque los elementos de placa pueden tener cualquier forma o geometría que tenga una superficie de sellado, que incluye, por ejemplo, superficies planas, esféricas y cilíndricas. Por lo tanto, el término "disco" se refiere en el presente documento a placas de válvula de cualquier forma y geometría que tienen superficies de acoplamiento que se enganchan y deslizan entre sí para formar un sello hermético. El disco estacionario normalmente tiene una entrada de agua caliente, una entrada de agua fría, y una salida de descarga de agua mezclada, mientras que el disco móvil contiene características similares y una cámara de mezclado. Debe entenderse que la cámara de mezclado no necesita estar en el disco, sino que podría formar parte de una estructura adyacente. El disco móvil se superpone al disco estacionario y puede deslizarse y/o hacerse rotar sobre el disco estacionario de modo que se obtenga agua mezclada a una temperatura y caudal deseados en la cámara de mezclado regulando el caudal y las proporciones de agua caliente y agua fría admitidas desde la entrada de agua caliente y la entrada de agua fría y se descargue a través de la salida de descarga de agua mezclada. Las superficies de sellado de acoplamiento de discos deben fabricarse con suficiente precisión para permitir que las dos superficies de sellado se acoplen entre sí y formen un sello hermético a fluido (es decir, deben ser conformes entre sí y lo suficientemente uniformes como para impedir que el fluido pase entre las superficies de sellado). El grado de planicidad (para una forma de placa plana), o la conformidad entre sí (para superficies no planas) y la uniformidad requerida dependen en cierta medida de la construcción de válvula y de los fluidos implicados, y son generalmente muy conocidos en la industria. Otros tipos de válvulas de disco, aunque se siguen usando superficies de sellado de acoplamiento en contacto de deslizamiento entre sí, pueden controlar solo una corriente de fluido o puede proporcionar mezcla por medio de una estructura o configuración de puerto diferente. El disco estacionario puede ser, por ejemplo, una parte solidaria del cuerpo de válvula.

La experiencia previa con este tipo de válvula de control ha demostrado que existe un problema de desgaste de las superficies de acoplamiento de los discos debido al hecho de que los discos estacionarios y móviles están en contacto y se deslizan una contra otra (véanse, por ejemplo, los documentos de patente US 4.935.313 y 4.966.789). Con el fin de minimizar el problema de desgaste, estos discos de válvula generalmente están hechos de una cerámica sinterizada tal como alúmina (óxido de aluminio). Aunque los discos de alúmina tienen buena resistencia al desgaste, tienen características de fricción indeseables porque aumenta la fuerza operativa, y tienden a volverse "pegajosos" después de que la grasa lubricante aplicada originalmente a los discos se desgaste y se elimine por lavado. La resistencia al rayado y a la abrasión de las placas de alúmina con respecto a partículas grandes y pequeñas (respectivamente) en la corriente de agua es buena; sin embargo, siguen siendo susceptibles a daños por corrientes de agua contaminada que contienen partículas abrasivas tales como arena; y la mejora a este respecto sería beneficiosa. Adicionalmente, la naturaleza porosa de los discos cerámicos sinterizados los hace propensos a "bloquearse" durante largos períodos de desuso, debido a minerales disueltos en el suministro de agua que precipitan y cristalizan entre poros de acoplamiento en las superficies de acoplamiento. Un objetivo de la presente invención es proporcionar discos que tengan un desgaste reducido, una resistencia mejorada al rayado y a la abrasión y características de fricción reducidas. Otro objetivo es proporcionar discos de válvula no porosos o de porosidad reducida para reducir el número de ubicaciones donde pueden formarse cristales precipitados entre las superficies de acoplamiento.

Las cerámicas sinterizadas en particular son relativamente difíciles y costosas (debido a su dureza) de amolar y pulir hasta un grado de conformidad entre sí y uniformidad adecuado para el sellado. Sería ventajoso usar un material para los discos, tal como metal, lo cual es menos costoso, más fácil de amolar y pulir y que no es poroso. Sin embargo, la resistencia al desgaste y el comportamiento friccional de los discos metálicos desnudos generalmente no son aceptables para aplicaciones de sellado de deslizamiento. Un objetivo adicional de la presente invención es proporcionar discos hechos de metal, un material de base y que tengan una resistencia al desgaste, al rayado y a la abrasión mejorada y características friccionales mejoradas en comparación con discos cerámicos sin revestimiento.

Se da a conocer en la técnica anterior (por ejemplo, los documentos U.S. 4.707.384 y U.S. 4.734.339) que los revestimientos de diamante policristalino depositados por deposición química en fase de vapor (CVD) a temperaturas

de sustrato de alrededor de 800-1000°C pueden usarse en combinación con capas de adhesión de diversos materiales con el fin de proporcionar componentes resistentes al rayado y al desgaste. Sin embargo, se conoce que las películas de diamante policristalino tienen superficies rugosas debido a las facetas de cristal de los granos de diamante individuales, como es evidente en las fotografías de las figuras 2 y 3 en la patente .384. Se conoce en la técnica el pulido de tales superficies con el fin de minimizar el coeficiente de fricción en aplicaciones de deslizamiento, o incluso para depositar el diamante policristalino sobre un sustrato uniforme y luego retirar la película del sustrato y usar el lado uniforme de la película (que estaba previamente contra el sustrato) en lugar de la superficie original como la superficie de soporte. La presente invención supera los problemas de la técnica anterior al proporcionar un número de características ventajosas, que incluyen, sin limitación, proporcionar una superficie uniforme y muy dura para aplicaciones de deslizamiento, mientras se evita el posprocesamiento difícil y costoso de una capa de superficie de diamante policristalino. La metodología también emplea ventajosamente materiales de sustrato (tales como metales, vidrios, y materiales compuestos y orgánicos adecuados) que no pueden procesarse a las temperaturas elevadas necesarias para la deposición de CVD de diamante policristalino.

También se da a conocer en la técnica anterior (por ejemplo, el documento U.S. 6.165.616) que pueden emplearse capas de interfaz diseñadas para aliviar la tensión inducida térmicamente en una capa de diamante policristalino. Estas tensiones inducidas térmicamente surgen durante el enfriamiento del sustrato después de la deposición de revestimiento a temperaturas relativamente altas, y se deben a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre el sustrato y el revestimiento de diamante. En la patente .616 se especifican cálculos técnicos bastante complicados para predeterminar la composición y el grosor de capa de interfaz deseados. El grosor de capa de interfaz dado a conocer en el documento .616 para minimizar la tensión inducida térmicamente en la capa de diamante es del orden de 20 a 25 micras según las figuras 1 a 3. Tales capas de interfaz gruesas son costosas de depositar, debido al tiempo necesario para depositarlas y al alto coste del equipo requerido. La presente invención también incluye ventajosamente, sin limitación, minimizar el coste de revestimiento, pero logrando, sin embargo, los resultados deseados empleando capas de interfaz mucho más delgadas que las enseñadas por el documento .616, y para evitar la creación de tensiones inducidas térmicamente que necesiten cálculos técnicos tan complicados al depositar una capa de superficie dura a una temperatura relativamente baja en comparación con la técnica anterior, tal como el documento .616.

Se da a conocer adicionalmente en la técnica anterior (por ejemplo, los documentos U.S. 4.935.313 y U.S. 4.966.789) que el carbono de red cristalográfica cúbica (diamante policristalino) y otros materiales duros pueden usarse como revestimientos de superficie en discos de válvula, y que los pares de discos de válvulas que se deslizan mutuamente que difieren entre sí en la composición de superficie o acabado de superficie son preferibles a aquellos que son iguales en estas características, con respecto a minimizar la fricción entre las placas. La presente invención proporciona superficies de disco de válvula de acoplamiento que tienen un coeficiente de fricción más bajo que los materiales dados a conocer en aplicaciones de superficie lubricadas con agua o humedecidas con fluidos tales como válvulas de agua, y permiten un procesamiento idéntico de ambas superficies de acoplamiento para evitar la necesidad de comprar y hacer funcionar diferentes tipos de equipos de procesamiento. La presente invención proporciona, además, sin limitación, superficies de disco de válvula de acoplamiento que tienen un coeficiente de fricción más bajo que los materiales dados a conocer en aplicaciones de superficie lubricadas con agua o humedecidas con fluido tales como válvulas de agua. Además, ambas superficies de deslizamiento acopladas de los discos pueden ser duras y tener una resistencia a la abrasión con respecto a las corrientes de agua contaminada y permitir un procesamiento idéntico de ambas superficies de acoplamiento con el fin de evitar la necesidad de comprar y hacer funcionar diferentes tipos de equipos de procesamiento.

El documento US5763072 describe un elemento de deslizamiento cerámico que incluye (a) un sustrato cerámico que consiste en un cuerpo sinterizado denso de un material cerámico que consiste esencialmente en óxido metálico y/o silicato, (b) una película intermedia formada sobre una superficie mecánicamente amolada del sustrato cerámico, formándose la película intermedia a partir de un producto producido por pirólisis de un compuesto de organosilicio y que comprende carbono y silicio, y (c) una película de carbono pirolítica formada sobre la película intermedia, estando producida la película de carbono pirolítica por pirólisis de hidrocarburo y teniendo una estructura en capas similar a grafito, la película de carbono pirolítica sirve como superficie de deslizamiento del elemento de deslizamiento cerámico.

El documento US5763087 describe películas de diamante amorfo que tienen una reducción significativa en la tensión intrínseca que se preparan polarizando un sustrato que va a revestirse y depositando iones de carbono sobre el mismo en condiciones de temperatura controlada.

El documento JPH03223190 describe una válvula de accesorio de grifo que tiene dos partes mutuamente deslizantes en la que al menos una de las partes está hecha de cerámica. La estructura cerámica de deslizamiento se produce formando una capa delgada (0,02-2,0 μm de grosor) de diamante amorfo sobre la cara mutuamente deslizante de la parte cerámica.

El documento US5799549 describe maquinillas de afeitar y cuchillas de afeitar y procesos para producir cuchillas de afeitar o herramientas de corte similares con bordes de corte afilados y duraderos, mediante revestimiento de carbono duro de cuchillas con diamante amorfo, usando preferiblemente una fuente de plasma de arco catódico filtrado. Al borde afilado de un sustrato se aplica un revestimiento de diamante amorfo que tiene al menos un 40 por ciento de

enlace de carbono sp³, una dureza de al menos 45 gigapascuales y un módulo de al menos 400 gigapascuales. El sustrato puede afinarse mecánicamente, y no hay capa intermedia entre el sustrato y el revestimiento de diamante amorfo. El revestimiento aporta firmeza y rigidez a una cuchilla delgada mientras que mantiene una alta relación de aspecto.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un componente que tiene una superficie resistente al desgaste, resistente al rayado, resistente a la abrasión, y de baja fricción. Más particularmente, se refiere a componentes que tienen una estructura multicapa que comprende una capa de refuerzo delgada que tiene mayor dureza que el material de sustrato, y una capa delgada resistente al desgaste y reductora de fricción de diamante amorfo depositada sobre la capa de refuerzo. La capa de diamante amorfo proporciona una superficie de sellado de baja fricción, resistente al desgaste y a la abrasión con ventajas particulares en aplicaciones lubricadas con agua o humedecidas con fluido. La incorporación de una capa de refuerzo para soportar la capa superior de diamante amorfo proporciona mejor resistencia al rayado y a la abrasión que una capa de diamante amorfo sola, y permite usar una capa de diamante amorfo más delgada. La capa de refuerzo es particularmente útil para evitar problemas con partículas grandes atrapadas entre las superficies de acoplamiento, que pueden abrirse paso a través de un revestimiento de diamante delgado debido a la deformación plástica del sustrato más blando de debajo.

Según la invención, en la reivindicación 1 se expone un componente para una válvula de control de fluido. En la reivindicación 12 se expone un método para producir el componente. En las reivindicaciones dependientes se exponen otras características opcionales.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una forma de válvula que incorpora una estructura multicapa con una capa de diamante amorfo que recubre un sustrato;

la figura 2 es un detalle de una forma de estructura multicapa de la invención;

la figura 3 ilustra otra estructura multicapa más con una capa promotora de adhesión adicional añadida;

la figura 4 es una forma adicional de estructura multicapa de la figura 2 en la que una capa de refuerzo incluye dos capas de diferentes materiales; y

la figura 5 es una fotomicrografía de la apariencia de superficie de una capa de diamante amorfo exterior sobre un sustrato o capa subyacente.

Descripción de las realizaciones preferidas

Las realizaciones de la invención se ilustran generalmente en las figuras, donde la figura 1 muestra una forma de la válvula 10 con un mango 12 que incorpora la invención. En particular, las figuras 2-4 ilustran una parte de una válvula 10 que tiene un sustrato 18 para un componente deslizante 20 y/o un componente fijo 22 de la válvula 10 que puede comprender un material de base en el que el material de base puede ser igual o diferente en el componente deslizante 20 y el componente fijo 22. En otras realizaciones, uno de los componentes 20, 22 puede estar fijado. Preferiblemente, el material de base es una cerámica sinterizada o un metal. Los materiales de base también pueden comprender vidrios o materiales vítreos, cermets, materiales poliméricos, materiales compuestos, compuestos intermetálicos tales como aluminuro de hierro, y otros materiales mecánicamente adecuados para la aplicación. Los metales pueden incluir, por ejemplo, cualquier metal convencional, que incluyen, sin limitación, acero inoxidable, latón, circonio, titanio, aluminio, y aleaciones de los últimos tres materiales. Acero inoxidable, titanio, y circonio, y aluminio son los metales más preferidos, con el término acero inoxidable que se refiere a cualquier tipo tal como 304, 316, etc., y variaciones personalizadas de los mismos y con los términos titanio, circonio, y aluminio se entiende que incluyen aleaciones comprendidas principalmente de esos metales. El acero inoxidable sinterizado (en polvo) es un material de sustrato preferido porque puede moldearse económicamente para dar formas complejas adecuadas para discos y puede amolarse y pulirse económicamente para lograr una superficie de sellado uniforme de acoplamiento. En el caso del acero inoxidable sinterizado, se prefieren sustratos "completamente densos" y sustratos moldeados por inyección de metal. El titanio y el circonio son materiales base preferidos porque pueden oxidarse o anodizarse fácilmente para formar una capa de superficie dura. Las cerámicas pueden ser cualquier material cerámico convencional, que incluyen, sin limitación, por ejemplo, alúmina sinterizada (óxido de aluminio) y carburo de silicio, siendo la alúmina un material preferido. Materiales compuestos pueden incluir, por ejemplo, cualquier cermet convencional, epoxis reforzados con fibra y poliamidas, y compuestos de carbono-carbono. Vidrio y materiales vítreos pueden incluir, por ejemplo, vidrio de borosilicato tal como PyrexTM, y materiales tales como vidrio laminado endurecido y productos vitrocerámicos. Vidrio, materiales vítreos y cermets son sustratos preferidos porque pueden moldearse económicamente para dar formas complejas adecuadas para discos y pueden amolarse y pulirse económicamente para dar una superficie plana y uniforme. Se entiende que el aluminuro de hierro es un material que consiste principalmente en hierro y aluminio, pero también puede contener pequeñas cantidades de otros elementos tales como molibdeno, circonio, y boro.

Como se muestra en la figura 2, una capa de refuerzo 23 también puede colocarse directamente sobre la superficie de sustrato 18. Esta capa 23 puede comprender un material que tiene mayor dureza que el sustrato 18. Materiales adecuados para la capa de refuerzo 23 pueden incluir compuestos de Cr, Ti, W, Zr, y otros metales conocidos convencionalmente cualesquiera para su uso en revestimientos duros. Los compuestos incluyen, sin limitación, nitruros, carburos, óxidos, carbonitruros, y otros materiales de fase mixta que incorporan nitrógeno, oxígeno, y carbono. Un material altamente preferido para la capa de refuerzo 23 es nitruro de cromo. El nitruro de cromo en la presente solicitud se refiere lo más preferiblemente a un compuesto de fase única o mixta de cromo y nitrógeno que tiene contenido de nitrógeno en el intervalo de aproximadamente el 10 a aproximadamente el 50 por ciento atómico. El término nitruro de cromo también se refiere a un material que contiene tales elementos de dopaje o aleación como itrio, escandio, y lantano además de cromo y nitrógeno.

Otro material adecuado para la capa de refuerzo 23 es el DLC (carbono de tipo diamante) convencional, que es una forma de carbono no cristalino muy conocida en la técnica y distinta del diamante amorfo. Se describen revestimientos de DLC, por ejemplo, en la patente estadounidense n.º 6.165.616 (en la que se denominan revestimientos (a-C)). Puede depositarse DLC por pulverización catódica o por CVD convencional. El DLC es un material amorfo con principalmente enlaces de carbono sp² y pocos enlaces sp³ tetraédricos que caracteriza el diamante amorfo. La dureza del DLC es sustancialmente menor que la del diamante amorfo y es más similar a la dureza de los materiales de revestimiento duro convencionales tales como nitruro de titanio y nitruro de cromo. Las tensiones internas en los revestimientos de DLC también son menores que las de los revestimientos de diamante amorfo, permitiendo que el DLC se deposite en capas más gruesas que el diamante amorfo sin pérdida de adhesión. El término DLC como se usa en el presente documento incluye formas hidrogenadas del material.

La capa de refuerzo 23 funciona principalmente para mejorar la resistencia al rayado y a la abrasión del revestimiento multicapa. La dureza de la capa de refuerzo 23 debe ser al menos mayor que la del sustrato 18 con el fin de realizar su función prevista de mejorar la resistencia al rayado del disco revestido. El grosor de la capa de refuerzo 23 es al menos un grosor suficiente para mejorar la resistencia al rayado del sustrato 18. Para materiales normalmente usados como revestimientos duros, tales como los dados a conocer anteriormente, este grosor es generalmente de alrededor de 500 nm a alrededor de 10 micras, y preferiblemente de aproximadamente 2000 nm a alrededor de 5000 nm. En las pruebas de válvulas de agua de grifo se ha encontrado que una capa de refuerzo de nitruro de cromo que tiene un grosor de aproximadamente 5 micras proporciona una resistencia adecuada al rayado y a la abrasión (junto con una capa superior delgada de diamante amorfo) para los tipos y tamaños de contaminantes considerados típicos en las fuentes municipales y de agua de pozo.

En algunas realizaciones de la presente invención como se muestra en la figura 3 y para el componente 22 de la figura 4, puede depositarse una capa promotora de adhesión delgada 21 sobre el sustrato 18 y luego la capa de refuerzo 23 sobre la capa 21. Esta capa 21 funciona para mejorar la adhesión de la capa de refuerzo superpuesta 23 al sustrato 18. Los materiales adecuados para la capa promotora de adhesión 21 incluyen preferiblemente cromo y también pueden incluir titanio, tungsteno, otros metales refractarios, silicio, y otros materiales conocidos en la técnica por ser adecuados como capas promotoras de adhesión. La capa 21 puede hacerse convenientemente usando el mismo material elemental elegido para la capa de refuerzo 23. La capa 21 tiene un grosor que es al menos adecuado para promover o mejorar la adhesión de la capa 23 al sustrato 18. Este grosor es generalmente de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 200 nm, y lo más preferiblemente de aproximadamente 30 nm a aproximadamente 60 nm. La capa promotora de adhesión 21 puede depositarse mediante técnicas convencionales de deposición en fase de vapor, que incluyen preferiblemente deposición física en fase de vapor (PVD) y también puede hacerse por deposición química en fase de vapor (CVD).

Los procesos de PVD son muy conocidos y convencionales e incluyen evaporación por arco catódico (CAE), pulverización catódica, y otros procesos de deposición convencionales. Los procesos de CVD pueden incluir deposición química en fase de vapor a baja presión (LPCVD), deposición química en fase de vapor potenciada por plasma (PECVD), y métodos de descomposición térmica. Se dan a conocer técnicas y equipos de PVD y CVD, entre otros, en J. Vossen y W. Kern "Thin Film Processes II", Academic Press, 1991; R. Boxman *et al.*, "Handbook of Vacuum Arc Science and Technology", Noye, 1995; y las patentes estadounidenses n.ºs 4.162.954 y 4.591.418.

En el caso de materiales cerámicos sinterizados, aunque los gránulos individuales que forman el material sinterizado pueden tener una dureza alta, la resistencia al rayado de la estructura sinterizada general medida mediante pruebas de rayado es mucho menor que la del material que forma los gránulos (por ejemplo, alúmina). Esto se debe al hecho de que los materiales usados normalmente para sinterizar o enlazar los gránulos de alúmina entre sí, normalmente silicatos, no son tan duros como los gránulos mismos. La dureza de la capa de refuerzo 23 puede ser similar o incluso menor que la dureza de los gránulos individuales que comprenden el disco cerámico, y aun siendo más duro que la estructura cerámica sinterizada general, se ha encontrado mediante experimento, por ejemplo, que la profundidad del rayado provocada por un estilote (radio = 100 micras) que se desliza bajo una carga de 30 newtons es de aproximadamente 4-6 micras en un sustrato de alúmina sinterizada sin revestimiento, mientras que la profundidad de rayado en un sustrato idéntico revestido con una capa de refuerzo de nitruro de cromo de 3 micras de grosor es de solo 2-3 micras.

La capa de refuerzo 23 puede formarse mediante técnicas convencionales de deposición en fase de vapor que incluyen, pero no se limitan a pulverización catódica, evaporación por arco catódico (CAE), y CVD. Los métodos más preferidos son pulverización catódica, CAE, u otros medios que pueden llevarse a cabo a una temperatura relativamente baja, minimizando de ese modo tensiones inducidas térmicamente en el apilamiento de revestimiento tras el enfriamiento. Si la capa de refuerzo 23 se deposita por CAE, también es deseable usar filtración de macropartículas para controlar y preservar la uniformidad de la superficie del sustrato 18. La capa de refuerzo 23 también puede formarse por otros métodos bien conocidos para formar revestimientos duros tales como pirólisis por pulverización, técnicas sol-gel, inmersión en líquido con tratamiento térmico posterior, métodos de nanofabricación, métodos de deposición de capa atómica, y métodos de deposición de capa molecular.

La capa de refuerzo 23 puede formarse alternativamente mediante un proceso que produce una capa de superficie endurecida sobre el material de base de sustrato. Tales procesos incluyen, por ejemplo, oxidación térmica, nitruración de plasma, implantación de iones, tratamientos de superficie químicos y electroquímicos tales como revestimientos por conversión química, anodización que incluye anodización dura y postratamientos convencionales, oxidación por microarco y cementación. La capa de refuerzo 23 también puede incluir múltiples capas 24 y 25 como se muestra en la figura 4, en la que las capas 24 y 25 juntas forman la capa de refuerzo 23. Por ejemplo, la capa 24 puede ser un óxido que crece térmicamente sobre el material de base de sustrato, mientras que la capa 25 es un material depositado tal como CrN. La capa de refuerzo 23 también puede incluir más de dos capas, y puede comprender preferiblemente, por ejemplo, un tipo de superred de revestimiento con un gran número de capas alternas muy delgadas. Una forma multicapa o de superred de este tipo de la capa de refuerzo 23 también puede incluir una o múltiples capas de diamante amorfo.

En la estructura multicapa de las figuras 1-4 la capa de diamante amorfo 30 se deposita sobre la capa de refuerzo 23 para formar una capa de superficie exterior. El propósito de la capa de diamante amorfo 30 es proporcionar una superficie superior muy dura lubricada y resistente a la abrasión por desgaste en los componentes de deslizamiento. El diamante amorfo es una forma de carbono no cristalino que se conoce bien en la técnica, y también se denomina a veces carbono amorfo tetraédrico (taC). Puede caracterizarse por tener al menos un 40 por ciento de enlace de carbono sp³, una dureza de al menos 45 gigapascuales y un módulo elástico de al menos 400 gigapascuales. Los materiales de diamante amorfo se describen en las patentes estadounidenses n.^{os} 5.799.549 y 5.992.268.

La capa de material de diamante amorfo 30 puede aplicarse a procesos que incluyen, por ejemplo, evaporación por arco catódico filtrado convencional y ablación láser. El término diamante amorfo como se usa en el presente documento incluye todas las formas de carbono de tipo taC y también puede contener elementos de dopaje o aleación tales como nitrógeno y metales, y también incluye materiales nanoestructurados que contienen diamante amorfo. Los materiales nanoestructurados significan en el presente documento materiales que tienen características estructurales en la escala de nanómetros o decenas de nanómetros, que incluyen, pero no se limitan a, superredes.

El grosor de la capa de diamante amorfo 30 es al menos un valor efectivo para proporcionar una resistencia al desgaste y a la abrasión mejoradas del componente deslizante. Este grosor es generalmente de al menos aproximadamente 100 nm, preferiblemente al menos aproximadamente 200 nm y más preferiblemente al menos aproximadamente 300 nm. El intervalo de grosor superior de la capa 30 está determinado por las características de material, consideraciones económicas y la necesidad de minimizar las tensiones intrínsecas dependientes de grosor en la capa 30 como se comenta a continuación. También la capa de diamante amorfo 30 exhibe ventajosamente una topología de superficie extremadamente uniforme como puede verse por referencia a la foto de la figura 5, principalmente porque no hay granos de diamante individuales en un revestimiento amorfo. Además, la topografía de superficie de la capa delgada de diamante amorfo 30 replica esencialmente a la de la subsuperficie sobre la que se deposita, y, por lo tanto, la capa de diamante amorfo 30 tiene sustancialmente la misma rugosidad de superficie promedio que la de la subsuperficie. Inclusiones gráficas, visibles como puntos de luz en la figura 5, no contribuyen a la rugosidad de superficie, como se usa el término en el presente documento, porque son muy suaves y se reducen a polvo lubricativo cuando las superficies de deslizamiento entran en contacto. El diamante amorfo tiene la ventaja adicional de que puede depositarse a temperaturas mucho más bajas (generalmente por debajo de aproximadamente 250°C) que el diamante policristalino, eliminando así la necesidad de capas de interfaz diseñadas gruesas dadas a conocer en la técnica anterior (véase, por ejemplo, el documento U.S. 6.165.616) para aliviar la tensión inducida térmicamente en la capa de diamante. Estas tensiones inducidas térmicamente surgen durante el enfriamiento después de la deposición a las altas temperaturas características de CVD, y se deben a la diferencia en el coeficiente de expansión térmica entre el sustrato y el revestimiento de diamante. Se ha encontrado que el tipo de cálculos dados a conocer en la patente .616 para determinar el grosor de su capa de interfaz de alivio de tensión inducida térmicamente no son necesarios para películas de diamante amorfo debido a la baja temperatura de deposición.

Una característica del diamante amorfo es que desarrolla altas tensiones internas intrínsecas (no inducidas térmicamente), que aumentan a medida que aumenta el grosor de revestimiento y que están predominantemente relacionadas con las distorsiones de enlace atómico y no con la expansión/contracción térmica. Si bien se cree que esta tensión intrínseca contribuye a la alta dureza del material, también limita el grosor de revestimiento ya que las fuerzas inducidas por tensión tienden a provocar la delaminación del revestimiento del sustrato 18 (o la capa de refuerzo 23) por encima de un determinado grosor. Aunque el diamante amorfo puede depositarse directamente sobre un disco de metal, vidrio o aluminuro de hierro (opcionalmente con una capa de adhesión), es difícil depositar una

capa suficientemente gruesa para proporcionar una resistencia adecuada al rayado para aplicaciones de válvula de agua. La resistencia al rayado es importante porque los suministros de agua a veces contienen contaminantes abrasivos debido a roturas de tubería, construcción, etc. La capa de refuerzo 23 adicional de la presente invención proporciona un mejor soporte de la capa de diamante amorfo 30 que el material de sustrato más blando, permitiendo ventajosamente que se use una capa más delgada de diamante amorfo, sin dejar de obtener una resistencia mejorada al rayado y a la abrasión. La capa de refuerzo 23 también puede elegirse para que sea un material que tenga una mayor velocidad de deposición y/o sea menos costoso de depositar que la capa de diamante amorfo 30, con el fin de minimizar el coste general del revestimiento mientras se mantiene el rendimiento. En la realización más preferida, puede usarse un límite de grosor superior para la capa de diamante amorfo 30 de aproximadamente 1-2 micras para evitar la delaminación inducida por tensión, mientras que un grosor superior de alrededor de 800 nm, y más preferiblemente alrededor de 300-500 nm, puede ser deseable por razones económicas sin dejar de lograr las características de rendimiento deseadas.

El diamante amorfo es muy adecuado para aplicaciones de deslizamiento húmedas en aplicaciones de válvulas de agua. En particular, se ha demostrado que tiene un coeficiente de fricción muy bajo y también un desgaste por abrasión extremadamente bajo en pruebas de deslizamiento lubricadas con agua en las que ambas superficies de deslizamiento están revestidas con diamante amorfo. Por el contrario, se conoce que los revestimientos de DLC tienen coeficientes de fricción más altos, tasas de desgaste más altas, y deterioran el rendimiento friccional al aumentar la humedad. Una ventaja adicional del diamante amorfo es que la temperatura de deposición relativamente baja permite una elección más amplia de materiales del sustrato y minimiza o elimina la distorsión térmicamente inducida permanente del sustrato.

Con respecto al bajo coeficiente de fricción notificado para revestimientos de diamante amorfo en pruebas de deslizamiento lubricadas con agua, se cree que esto puede deberse al menos en parte a inclusiones gráficas (comúnmente llamadas macropartículas) que se incorporan en revestimientos de diamante amorfo hechos por algunos métodos. Tales inclusiones gráficas pueden ser numerosas en revestimientos de carbono depositados por evaporación por arco catódico, dependiendo de los materiales diana de elección y el uso de medios de filtración de macropartículas como se comenta a continuación. Estas inclusiones gráficas no degradan el rendimiento del revestimiento de diamante amorfo debido a su suavidad y la pequeña fracción del área de superficie total que ocupan. Más bien, se cree que pueden mejorar el rendimiento al aumentar la retención de lubricante entre las placas de deslizamiento.

Se da a conocer en el documento U.S. 5.401.543 que los revestimientos de diamante amorfo que están esencialmente libres de macropartículas pueden depositarse por evaporación por arco catódico a partir de un cátodo de grafito pirolítico o carbono vítreo. La densidad máxima de macropartículas (inclusiones gráficas) en tales revestimientos, calculadas a partir de las dimensiones de área de las figuras fotográficas y los recuentos de macropartículas dados a conocer, es de alrededor de 200 macropartículas por milímetro cuadrado. Tales revestimientos de diamante amorfo libres de macropartículas pueden usarse como capa 30 en la presente invención, pero son menos preferidos que los depositados a partir de un cátodo de grafito ordinario y que contienen números sustanciales de inclusiones gráficas, tales como, por ejemplo, al menos aproximadamente 500 por milímetro cuadrado. También son menos preferidos porque los cátodos de carbono vítreo o grafito pirolítico requeridos son bastante costosos en comparación con el grafito ordinario.

El número de inclusiones gráficas 40 incorporadas en los revestimientos (véase la figura 4 que los muestra esquemáticamente) depositados por evaporación por arco filtrado desde un cátodo de grafito ordinario puede controlarse según la presente invención eligiendo el diseño de filtro y los parámetros de funcionamiento para permitir que el número deseado de macropartículas se transmita a través de la fuente. Se comentan los factores que influyen en la transmisión de macropartículas a través de un filtro, por ejemplo, en el documento U.S. 5.840.163. Se eligen convencionalmente diseños de filtro y parámetros de funcionamiento para minimizar el número de macropartículas transmitidas a través de la fuente, sin embargo, esta elección también reduce generalmente la salida (deseada) de iones de carbono y, por lo tanto, reduce la velocidad de deposición. Contrariamente a esta práctica habitual, encontramos que con el fin de minimizar el coste del revestimiento es preferible elegir el diseño de filtro y los parámetros de funcionamiento para maximizar la salida de iones de carbono de la fuente (es decir, la velocidad de deposición) sin exceder el número tolerable máximo de inclusiones gráficas incorporadas en el revestimiento. El número máximo tolerable de inclusiones es el número por encima del cual el rendimiento de las partes revestidas se deteriora inaceptablemente debido a la fracción creciente del área de superficie ocupada por las inclusiones. Los factores críticos de rendimiento pueden incluir la no fuga del fluido de trabajo, coeficiente de fricción de deslizamiento, resistencia al rayado y a la abrasión, y vida útil. Se ha encontrado que las densidades de la superficie de inclusión gráfica sustancialmente superiores a 500/mm² son tolerables, y puede ser beneficioso como se describió anteriormente.

La adhesión de la capa de diamante amorfo 30 a una forma de nitruro de la capa de refuerzo 23 puede mejorarse en algunos casos mediante la introducción de un gas que contiene carbono, tal como metano, durante un corto período al final de la deposición de la capa de refuerzo 23. Esto da como resultado una zona de transición delgada de material de carbonitruro y/o carburo entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. En otros casos, la adhesión puede mejorarse apagando todos los gases reactivos durante un corto período al final de la deposición de la capa de

refuerzo 23. Esto da como resultado una capa metálica delgada entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. También se ha observado que la introducción de metano durante la deposición mediante arco filtrado de la capa de diamante amorfo 30 aumenta la velocidad de deposición de revestimiento, y también puede mejorar la dureza del revestimiento y la resistencia al rayado. En otros casos más, por ejemplo, el caso en el que la capa de diamante amorfo 30 va a depositarse sobre una superficie metálica oxidada térmicamente, puede ser deseable depositar la capa promotora de adhesión 21 independiente entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. Materiales adecuados para la capa de adhesión 21 pueden incluir, por ejemplo, metales formadores de carburo refractarios, tales como, Ti y W, y diversos metales de transición tales como Cr, y también pueden incluir carburos de esos metales.

Con el fin de que la invención pueda entenderse más fácilmente, se proporcionan los siguientes ejemplos. Los ejemplos son ilustrativos y no limitan la invención a las características particulares descritas.

Ejemplo 1

Se colocan discos de válvula de acero inoxidable limpios en una cámara de deposición al vacío que incorpora un cátodo de evaporación por arco y un cátodo de pulverización catódica. La fuente de arco está equipada con medios de filtración para reducir la incorporación de macropartículas en el revestimiento, como se describe, por ejemplo, en los documentos U.S. 5.480.527 y 5.840.163. Se conectan fuentes de argón y nitrógeno a la cámara a través de un colector con válvulas ajustables para controlar el caudal de cada gas al interior de la cámara. El cátodo de pulverización catódica está conectado a la salida negativa de una fuente de alimentación de CC. El lado positivo de la fuente de alimentación está conectado a la pared de la cámara. El material de cátodo es cromo. Los discos de válvula están dispuestos delante del cátodo, y pueden hacerse rotar o moverse de otro modo durante la deposición para garantizar un grosor de revestimiento uniforme. Los discos se aíslan eléctricamente desde la cámara y se conectan a través de su bastidor de montaje a la salida negativa de una fuente de alimentación para que pueda aplicarse un voltaje de polarización a los sustratos durante el revestimiento.

Antes de la deposición, la cámara de vacío se evacua a una presión de 2×10^{-5} torr o menos. Luego se introduce gas argón a una velocidad suficiente para mantener una presión de aproximadamente 25 militorr. Los discos de válvula se someten luego a una limpieza por plasma de descarga luminiscente en la que se aplica una tensión de polarización negativa de aproximadamente 500 voltios al bastidor y los discos de válvula. La duración de la limpieza es de aproximadamente 5 minutos.

Luego se deposita una capa de cromo que tiene un grosor de aproximadamente 20 nm en los discos de válvula mediante pulverización catódica. Después de depositar la capa de adhesión de cromo, se deposita una capa de refuerzo de nitruro de cromo que tiene un grosor de aproximadamente 3 micras mediante pulverización catódica reactiva.

Después de depositar la capa de nitruro de cromo, los discos de válvula se disponen orientados hacia la fuente de arco, y una capa superior de diamante amorfo que tiene un grosor de aproximadamente 300 nm se deposita formando un arco sobre el electrodo de carbono y exponiendo los sustratos al plasma de carbono que sale de la salida de la fuente. Una polarización de CC negativa de aproximadamente 500 voltios se aplica inicialmente a los sustratos para proporcionar un bombardeo de iones de alta energía para la limpieza de superficie y la mejora de enlace. Después de aproximadamente 5 minutos a alto voltaje de polarización, el voltaje de polarización se reduce a aproximadamente 50 voltios durante el resto del proceso de deposición. Una presión de argón de aproximadamente 0,5 militorr se mantiene en la cámara durante la deposición. De manera alternativa, pueden emplearse voltajes pulsados o de polarización de CA, y también puede mantenerse un argón superior o inferior para estabilizar el funcionamiento de la fuente de arco y optimizar las propiedades de revestimiento.

Se ha encontrado mediante experimento que los discos de válvula hechos de acero inoxidable y revestidos según el ejemplo anterior pudieron soportar más de 15.000 ciclos de prueba en agua circulante que portaba arena de sílice de 20 micras, mientras que los discos de válvula de alúmina estándar no revestidos fallaron en las mismas condiciones en menos de 2500 ciclos.

Ejemplo 2

Se colocan discos de válvula de circonio limpios en un horno de aire, calentados a una temperatura de 560°C, mantenidos a esta temperatura durante aproximadamente 6 horas, y se enfrían. De ese modo, se forma una capa de refuerzo de óxido de circonio sobre la superficie de sustrato, que tiene un grosor de 5-10 micras. Los discos se colocan luego en una cámara de deposición al vacío que incorpora un cátodo de evaporación por arco filtrado y un cátodo de pulverización catódica. Una capa de adhesión de cromo que tiene un grosor de aproximadamente 20 nm se deposita sobre los discos de válvula mediante pulverización catódica como se describe en el ejemplo 1. Después de depositar la capa de adhesión de cromo, se deposita una capa de diamante amorfo como se describe en el ejemplo 1.

Discos de válvula hechos de circonio y tratados como se describe para formar una estructura multicapa en sus superficies se sometieron a prueba para resistencia al rayado, usando un aparato de pruebas de resistencia al rayado

con carga variable. Las profundidades de rayado generadas en los discos de Zr tratados por una punta de estilete que tiene un radio de 100 micras bajo una carga de 3 newtons fueron de alrededor de 4,7 micras de profundidad, mientras que aquellos en discos de Zr no tratados fueron de aproximadamente 9,5 micrómetros o más del doble de profundidad. Se cree que el rendimiento de prueba de resistencia al rayado es un predictor relevante de resistencia al rayado y a la abrasión en aplicaciones de campo.

Ejemplo 3

Los discos limpios de válvula de vidrio moldeado se colocan en una cámara de deposición al vacío que incorpora una fuente de ablación por láser, una fuente PECVD, y un cátodo de pulverización catódica. Los discos de válvula se someten a una limpieza por plasma de descarga de RF (radiofrecuencia) por medios conocidos. Luego se deposita una capa de adhesión de titanio que tiene un grosor de aproximadamente 20 nm sobre los discos de válvula mediante pulverización catódica. Luego se deposita una capa de refuerzo de DLC que tiene un grosor de aproximadamente 3 micras sobre la capa de adhesión mediante PECVD usando parámetros de deposición conocidos. Luego se deposita una capa de diamante amorfo que tiene un grosor de aproximadamente 300 nm en la parte superior de la capa de DLC mediante ablación por láser usando parámetros de deposición típicos.

Ejemplo 4

Se colocan discos limpios de válvula de acero inoxidable en una cámara de vacío que contiene una fuente de evaporación por arco filtrado y un cátodo de pulverización catódica. La cámara se evacúa, se introduce gas nitrógeno, se establece una descarga de plasma entre los discos y las paredes de la cámara, y la superficie del disco está nitrurada por plasma según parámetros conocidos. Se difunde nitrógeno en los sustratos inoxidables para formar una capa de superficie más dura que el sustrato a granel, y el proceso continúa durante un período de tiempo suficiente para que la profundidad de la capa alcance aproximadamente 2 micras. Luego se deposita una superred que consiste en múltiples capas alternas de nitruro de carbono y nitruro de circonio sobre la superficie de acero inoxidable nitrurado mediante evaporación por arco filtrado y pulverización catódica, respectivamente. Las capas individuales alternas tienen un grosor de aproximadamente 10 nm, y se depositan aproximadamente 100 capas de cada material para un grosor de superred total de aproximadamente 2 micras. La relación de nitrógeno con respecto a carbono en las capas de nitruro de carbono es preferiblemente de alrededor de 1,3, ya que las superredes de nitruro de carbono + nitruro de circonio que tienen esta relación N:C se ha demostrado que tienen principalmente enlaces de carbono sp³ y dureza en el intervalo de 50 gigapascals. El nitruro de carbono como se usa en el presente documento se refiere a un material que tiene una relación N:C entre aproximadamente 0,1 y 1,5.

El gran número de capas delgadas puede depositarse convenientemente montando el sustrato en un cilindro rotatorio de manera que los sustratos pasen primero por delante de una fuente de deposición y luego la otra, de manera que se deposita un par de capas durante cada revolución del cilindro. El grosor total de la capa de refuerzo es de aproximadamente 4 micras, incluida la capa de acero inoxidable nitrurado por plasma. Luego se deposita una capa de diamante amorfo que tiene un grosor de aproximadamente 200 nm en la parte superior de la capa superreticulada mediante evaporación por arco filtrado como se describe en el ejemplo 1.

La construcción y disposición de los elementos mostrados en las realizaciones preferidas y otras realizaciones a modo de ejemplo son solo ilustrativas. Aunque en esta divulgación solo se han descrito en detalle unas pocas realizaciones, los expertos en la técnica que revisan esta divulgación apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones de tamaños, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los diversos elementos, valores de parámetros, uso de materiales, etc.) sin apartarse materialmente de las nuevas enseñanzas y ventajas de la materia, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

El orden o la secuencia de cualquier proceso o etapas del método pueden variarse o resecuenciarse según realizaciones alternativas. Pueden hacerse otras sustituciones, modificaciones, cambios y omisiones en el diseño, condiciones de funcionamiento y disposición de las realizaciones preferidas y otras realizaciones a modo de ejemplo sin apartarse del alcance de las presentes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un componente (20, 22) para una válvula de control de fluido (10), teniendo el componente una superficie de sellado configurada para el enganche por deslizamiento con un segundo componente (20, 22), comprendiendo el componente:
5 un sustrato (18);
10 una capa de diamante amorfo que forma la superficie de sellado; y
una capa de refuerzo (23) más dura que el sustrato (18) configurada para proporcionar resistencia a la abrasión para el sustrato (18), en el que la capa de refuerzo (23) está ubicada entre el sustrato (18) y la capa de diamante amorfo (30).
- 15 2. El componente (20, 22) según la reivindicación 1, en el que la capa de diamante amorfo (30) tiene un coeficiente de fricción más bajo y una dureza más alta que el carbono de tipo d.
3. El componente (20, 22) según la reivindicación 1, en el que la capa de diamante amorfo (30) tiene una dureza de al menos 45 gigapascalses y un módulo elástico de al menos 400 gigapascalses.
- 20 4. El componente (20, 22) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa de diamante amorfo (30) comprende al menos una de inclusiones gráficas y nitrógeno.
5. El componente (20, 22) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato (18) comprende al menos uno de aluminio, titanio, circonio, acero inoxidable, latón, aluminuro de hierro, un cermet, una cerámica, un polímero, o un compuesto.
- 25 6. El componente (20, 22) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa de refuerzo (23) comprende un compuesto de al menos uno de cromo, titanio, tungsteno, o circonio, siendo el compuesto un nitruro, carburo, óxido, carbonitruro, u otro material de fase mixta que incorpora nitrógeno, oxígeno, y carbono.
- 30 7. El componente (20, 22) según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que la capa de refuerzo (23) comprende al menos uno de carbono de tipo diamante, una estructura superreticulada, una capa anodizada, una capa de iones implantados, una capa cementada, o una capa nitrurada por plasma.
- 35 8. El componente (20, 22) según la reivindicación 1, en el que el sustrato (18) comprende alúmina y la capa de refuerzo (23) comprende titanio y carbono.
- 40 9. El componente (20, 22) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una capa promotora de adhesión (21) entre el sustrato (18) y la capa de refuerzo (23) que comprende al menos uno de titanio, cromo, tungsteno, o silicio.
- 45 10. Un grifo que comprende una válvula de control de fluido (10) que incluye un primer componente (20) que tiene una configuración como se menciona en cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
11. El grifo según la reivindicación 10, que comprende además un segundo componente (22) configurado para el enganche por deslizamiento con el primer componente (20), en el que el segundo componente (22) tiene una configuración como se menciona en cualquiera de las reivindicaciones 1-10 y el primer componente (20) es un componente deslizante y el segundo componente (22) es un componente fijo.
- 50 12. Un método para producir un componente (20, 22) como se menciona en cualquiera de las reivindicaciones 1-11, comprendiendo el método:
55 formar una capa de refuerzo (23) sobre el sustrato (18) para proporcionar resistencia a la abrasión para el sustrato (18); y
depositar una capa de diamante amorfo (30) sobre la capa de refuerzo.
- 60 13. El método según la reivindicación 12, en el que la etapa de depositar la capa de diamante amorfo (30) sobre la capa de refuerzo (23) utiliza un proceso de deposición por vapor o un proceso de deposición por arco filtrado y se realiza a una temperatura inferior a 250 grados Celsius.
- 65 14. El método según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, que comprende además proporcionar una capa promotora de adhesión (21) entre la capa de refuerzo (23) y el sustrato (18).

15. El método según la reivindicación 12, en el que la capa de refuerzo (23) se deposita sobre el sustrato y la capa de diamante amorfo (30) se deposita sobre la capa de refuerzo (23).



