

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 439**

51 Int. Cl.:

F16K 11/065 (2006.01)

F16K 11/078 (2006.01)

F16K 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.08.2011 E 11177721 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017 EP 2420710**

54 Título: **Llave con componente de válvula resistente al desgaste**

30 Prioridad:

18.08.2010 US 859085

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

02.08.2017

73 Titular/es:

**MASCO CORPORATION OF INDIANA (100.0%)
55 East 111th Street
Indianapolis, IN 46280, US**

72 Inventor/es:

BRONDUM, KLAUS

74 Agente/Representante:

ELZABURU SLP, .

ES 2 628 439 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

Llave con componente de válvula resistente al desgaste

La presente solicitud se refiere a llaves que comprenden una válvula de control de fluido que tiene componentes que deslizan mutuamente, tales como componentes de válvula, que tienen capas protectoras de superficie que comprenden una capa de refuerzo y un revestimiento de diamante amorfo exterior. La capa de refuerzo y el revestimiento de diamante amorfo proporcionan al componente de válvula un revestimiento resistente al desgaste.

En ciertas aplicaciones, tales como por ejemplo, placas de válvula para válvulas de control de fluidos (por ejemplo, que se pueden utilizar en equipos de bombeo tales como llaves) existe la necesidad de que las superficies mutuamente deslizantes sean resistentes al desgaste, resistentes a la abrasión, resistentes a la rayadura, y tengan un bajo coeficiente de fricción. Los elementos de un tipo de válvula de control para mezclar corrientes de agua fría y caliente típicamente comprenden un disco estacionario y un disco deslizante móvil, aunque los elementos de placa pueden tener cualquier forma o geometría que tenga una superficie de obturación, incluyendo, por ejemplo, superficies planas, esféricas y cilíndricas. El término "disco" aquí por lo tanto se refiere a placas de válvula de cualquier forma y geometría que tienen superficies de acoplamiento que se acoplan y deslizan entre sí para formar una obturación estanca al fluido. El disco estacionario típicamente tiene una entrada de agua caliente, y 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. Se ha de entender que la cámara de mezclado no necesita estar en el disco sino que podría ser parte de una estructura adyacente. El disco móvil se superpone al disco estacionario y puede deslizar y/o girar sobre el disco estacionario, de manera que se obtiene 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 administradas procedentes de la entrada de agua caliente y la entrada de agua fría y descargada a través de la salida de descarga de agua. Las superficies de obturación de acoplamiento de los discos estarían fabricadas con suficiente precisión para permitir que las dos superficies de obturación se acoplen juntas y formen una obturación estanca al fluido (es decir deben ser lo suficientemente conformes y lisas para evitar que el fluido pase entre las superficies de obturación) la conformidad conjunta (para superficies no planas) y la lisura requeridas depende en cierta medida de la construcción de la válvula y los fluidos implicados, y son generalmente bien conocidas en la industria. Otros tipos de válvulas de disco, aunque todavía utilizan superficies de obturación de acoplamiento en contacto deslizante una con la otra, pueden controlar una corriente de fluido o pueden proporcionar mezclado por medio de una estructura o configuración de lumbrera diferentes. El disco estacionario puede ser, por ejemplo una parte integrada del cuerpo de válvula.

La experiencia previa con este tipo de válvula de control ha demostrado que existe un problema de desgaste de la superficie de acoplamiento de los dos discos debido al hecho de que los discos estacionario y móvil están en contacto y se deslizan uno contra el otro (véanse por ejemplo la Patentes de Estados Unidos N° 4.935.313 y N° 4.966.789). Con el fin de minimizar el problema de desgaste, estas válvulas son discos normalmente hechos de una cerámica sinterizada tal como alúmina (óxido de aluminio). Aunque los discos de alúmina tienen buena resistencia al desgaste, tienen características friccionales no deseadas consistentes en que la fuerza de funcionamiento aumenta, y tienden a volverse "pegajosas" después de que la grasa lubricante aplicada originalmente a los discos se desgaste y de lave. La resistencia a la rayadura y a la abrasión de las placas de alúmina respecto a partículas grandes y pequeñas (respectivamente) presentes en al corriente de agua es buena; sin embargo, todavía son susceptibles de ser dañadas por las corrientes de agua contaminadas que contengan partículas abrasivas tales como arena; y una mejora en este sentido sería beneficiosa. Adicionalmente, la naturaleza porosa de los discos de cerámica sinterizada los hace propensos a "cerrarse" durante largos periodos sin uso, debido a que los minerales disueltos en el suministro de agua precipitan y cristalizan entre los poros coincidentes en las superficies de acoplamiento. Un objetivo de la presente invención es proporcionar discos que tengan reducido desgaste, resistencias mejoradas a la rayadura y a la abrasión y características de reducida fricción. Otro objetivo es proporcionar discos de válvula no porosos o de porosidad reducida para reducir el número de ubicaciones en las que se pueden formar los cristales precipitados entre las superficies de acoplamiento.

Sería ventajoso utilizar un material para los discos, tal como metal, que sea menos caro, más fácil de fresar y pulir y que no sea poroso. Sin embargo, la resistencia al desgaste y el comportamiento friccional de los discos metálicos desnudos generalmente no son aceptables para aplicaciones de obturación deslizante. Un objetivo más de la presente invención es proporcionar discos fabricados de metal, un material de base y que tengan resistencia al desgaste, a la rayadura y a la abrasión mejoradas y características friccionales mejoradas en comparación con los discos cerámicos no revestidos.

Se describe en la técnica anterior (por ejemplo la Patente de Estados Unidos N° 4.707.384 y 4.734.339) que los revestimientos de diamante policristalinos depositados mediante deposición de vapor química (CVD) a temperaturas de sustrato alrededor de 800-1000°C se pueden utilizar en combinación con las capas de adhesión de vidrio de diversos materiales con el fin de proporcionar componentes resistentes a la rayadura y al desgaste. Sin embargo, se sabe que las películas de diamante policristalino tienen superficies rugosas debido a las caras de los cristales de los granos de diamante individuales, como resulta evidente de las fotografías de las Figuras 2 y 3 de la patente '384. Se conoce en la técnica anterior el hecho de pulir tales superficies para minimizar el coeficiente de fricción en aplicaciones deslizantes, o incluso depositar diamantes policristalinos en un sustrato liso y después retirar la película

del sustrato y utilizar el lado liso de la película (que previamente estaba contra el sustrato) en lugar de la superficie original como superficie de apoyo. La presente invención supera los problemas de la técnica anterior proporcionando un cierto número de características ventajosas, incluyendo sin limitación, proporcionar una superficie lisa y dura para aplicaciones deslizantes, a la vez que se evita el procesamiento difícil y caro de la capa de superficie de diamante policristalino. La metodología también emplea de manera ventajosa, materiales de sustrato (tales como metales adecuados, vidrios, y compuestos y materiales orgánicos) que no pueden ser procesados a las temperaturas elevadas necesarias para deposición de CVD de diamante policristalino.

También se describe en la técnica anterior (por ejemplo en la Patente de Estados Unidos N° 6.165.616) que capas de interfaz de ingeniería pueden ser empleadas para liberar el esfuerzos inducidos térmicamente en una capa de diamante policristalino. Estos esfuerzos térmicamente inducidos surgen durante el enfriamiento del sustrato después de la deposición del revestimiento a temperaturas relativamente altas, y son debidos a las diferencias de coeficientes de dilatación térmica entre el sustrato y el revestimiento de diamante. Los cálculos ingenieriles, bastante complicados, se especifican en el documento '616 para predeterminar la composición y espesor deseados de capa de interfaz. Los espesores de capa de interfaz descritos en el documento '616 para minimizar el esfuerzo térmicamente inducido en la capa de diamante son del orden de 20 a 25 micras de acuerdo con las Figuras 1 a 3. Tales capas de interfaz gruesas son caras de depositar, debido al tiempo necesario para depositarlas y al elevado coste del equipo requerido. La presente invención incluye también de manera ventajosa, sin limitación, minimizar el coste del revestimiento pero consiguiendo todavía los resultados deseados empleando capas de interfaz mucho más delgadas que las enseñadas por el documento '616, y evitando crear esfuerzos térmicamente inducidos que necesitan tales cálculos de ingeniería complicados, depositando una capa de superficie dura a una temperatura relativamente baja en comparación con la técnica anterior, tal como en la patente '616.

Se describe además en la técnica anterior (por ejemplo en la Patente de Estados Unidos N° 4.935.313 y 4.966.789) que el carbono de red cristalina (diamante policristalino) u otros materiales duros se pueden utilizar como revestimiento de superficie en discos de válvula, y que pares de discos de válvulas mutuamente deslizantes que difieren uno de otro tanto en composición superficial como en el acabado superficial son preferibles a aquellos que son tienen las mismas 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 inferior al de los materiales descritos en aplicaciones de superficie mojadas o lubricadas con agua, tales como válvulas de agua, y permite idéntico procesamiento de ambos materiales con el fin de evitar la necesidad de adquirir y manejar 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 inferior a de los materiales descritos en aplicaciones de superficies mojadas con fluido o lubricadas con agua tales como válvulas de agua. Además, ambas superficies deslizantes acopladas de los discos pueden ser duras y tener una resistencia a la abrasión en corrientes de agua contaminadas y permitir el procesamiento idéntico de ambas superficies de acoplamiento con el fin de evitar la necesidad de adquirir y manejar diferentes tipos de equipos de procesamiento.

La técnica anterior relevante adicional se describe en los documento US 2007/0278444 A1, WO 2007/020139 A1 y EP 2083095 A2.

Resumen

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una llave que comprende una válvula de control de fluido, que comprende una pluralidad de componentes de válvula, en la que un segundo componente de válvula está configurado para el acoplamiento deslizante con un primer componente de válvula y el primer y segundo componentes de válvula se proporcionan en forma de disco; comprendiendo al menos uno del primer componente de válvula y el segundo componente de válvula un material de base, una capa de favorecimiento de adhesión delgada, una capa de refuerzo dispuesta sobre la capa de favorecimiento de adhesión, comprendiendo la capa de refuerzo al menos uno de tántalo y niobio, y un material de diamante amorfo dispuesto encima de la capa de refuerzo para formar una capa de superficie exterior, caracterizada por que el material de diamante amorfo tiene una dureza que es de al menos 20 GPa y menor de 45 GPa, un módulo que es al menos de 150 GPa y menor de 400 GPa y unión de sp^3 de al menos aproximadamente el 40%. Las reivindicaciones dependientes representan realizaciones ventajosas de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es una forma de válvula que incorpora una estructura de múltiples capas con una capa de diamante amorfo que recubre un sustrato;

la Fig. 2 es un detalle de una forma de una estructura de múltiples capas son una capa de favorecimiento de adhesión;

la Fig. 3 ilustra aun otra estructura de múltiples capas con una capa de favorecimiento de adhesión adicional añadida de acuerdo con la invención;

la Figura 4 es una forma más de la estructura de múltiples capas de la Fig. 2 en la que el capa de refuerzo incluye dos capas de diferentes materiales; y

la Fig. 5 es un fotomicrográfico de la apariencia superficial de una capa de diamante amorfo exterior sobre un sustrato o capa subyacente.

Descripción detallada

5 Las realizaciones de la invención se ilustran generalmente en las figuras, en donde la Fig. 1 muestra una forma de la válvula 10 con la manija 12 que incorpora la invención. En particular, las Figs. 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 pueden comprender un material de base en el que el material de base puede ser el mismo o diferente en el componente deslizante 20 y el componente fijo 22. En otras realizaciones, uno de los componentes 20, 22 puede ser fijo. Preferiblemente el material de base también puede comprender vidrios o material vítreo, cerments, 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, incluyendo, sin limitación, acero inoxidable, bronce, circonio, titanio, aluminio, y aleaciones de estos tres últimos materiales. El acero inoxidable, el titanio, el circonio, y el aluminio son los metales más preferidos, haciendo referencia con el término acero inoxidable a cualquier tipo, tal como 304, 316, etc., y a variaciones personalizadas de los mismos y entendiendo que los términos titanio, circonio, y aluminio incluyen aleaciones compuestas principalmente por esos metales. El acero inoxidable sinterizado (en polvo) es un material de sustrato preferido debido a que se puede moldear económicamente en formas complejas adecuadas para los discos y se puede fresar y pulir de manera económica para conseguir una superficie obturante de acoplamiento lisa. En el caso de acero inoxidable sinterizado, se prefieren los sustratos "totalmente densos" y los sustratos moldeados por inyección. El titanio y el circonio son materiales de base preferidos debido a que se pueden oxidar o anodizar fácilmente para formar una capa de superficie dura. Los materiales cerámicos pueden ser cualquier material cerámico convencional, incluyendo sin limitación, por ejemplo, alúmina sinterizada (óxido de aluminio) y carburo de silicio, siendo la alúmina un material preferido. Los materiales compuestos pueden incluir, por ejemplo, cualesquiera cerments convencionales, epoxis y poliamidas reforzados, y compuestos de carbono-carbono. Vidrio y materiales vítreos pueden incluir por ejemplo vidrio de borosilicato tal como Pyrex™, y materiales tales como vidrio estratificado endurecido y vidrio-cerámicas. El vidrio, materiales vítreos y los cerments son sustratos preferidos debido a que se pueden moldear de forma económica a formas complejas adecuadas para discos y se pueden fresar y pulir de forma económica hasta llegar a una superficie plana y lisa. El aluminuro de hierro se entiende que es un material formado principalmente por hierro y aluminio pero también puede contener pequeñas cantidades de otros elementos tales como molibdeno, circonio y boro.

Como se muestra en la Fig. 2, una capa de refuerzo 23 también puede estar colocada directamente en la superficie de sustrato 18. Esta capa 23 puede comprender un material que tenga una dureza más elevada que el sustrato 18 (aunque se ha de entender que, de acuerdo con otras realizaciones a modo de ejemplo, la capa de refuerzo puede no tener una dureza que sea mayor que la del sustrato). Materiales adecuados para la capa de refuerzo 23 pueden incluir compuestos de Ta y Nb. Los compuestos incluyen, sin limitación, nitruros, carburos, óxidos, carbonitruros, y otros materiales de base mezclados que incorporen nitrógeno, oxígeno y carbono.

De acuerdo con la invención, la capa de refuerzo comprende un material que contiene tántalo, tal como un carburo de tántalo, nitruro de tántalo, o un carbonitruro de tántalo. Una característica ventajosa de utilizar tántalo o un compuesto de tántalo para la capa de refuerzo es que el tántalo presenta excelente resistencia a la corrosión y es relativamente dúctil cuando se utiliza como metal. Adicionalmente, el tántalo forma fácilmente carburos que tienen valores relativamente altos (valores de dureza de Mohs de 9+) que son deseables para que la capa de refuerzo proporcione resistencia a la rayadura y a la abrasión al sustrato. O, la capa de refuerzo comprende un material que contiene niobio, tal como carburo de niobio, nitruro de niobio o un carbo-nitruro de niobio.

La capa de refuerzo 23 funciona principalmente para mejorar la resistencia a la rayadura y a la abrasión del revestimiento de múltiples capas. La dureza de la capa de refuerzo 23 debería ser al menos mayor que la del sustrato 18 con el fin de realizar su función prevista de mejorar la resistencia a la rayadura del disco revestimiento. El espesor de la capa de refuerzo 23 es al menos un espesor suficiente para mejorar la resistencia a la rayadura del sustrato 18. Para los materiales típicamente utilizados, tales como los descritos anteriormente, este espesor está comprendido generalmente entre aproximadamente 500 nm y aproximadamente 10 micras, y preferiblemente entre aproximadamente 2000 nm y aproximadamente 5000 nm. En los ensayos de válvulas de agua de llave se ha encontrado que una capa de refuerzo de nitruro de cromo que tiene un espesor de aproximadamente 5 micras proporciona resistencias a la rayadura y a la abrasión adecuadas (en combinación con una capa superior de diamante amorfo) para los tipos y tamaños de los contaminantes considerados típicos en fuentes de agua municipales y de pozos.

55 En la presente invención como se muestra en la Fig. 3 y para el componente 22 de la Fig. 4, está depositada una capa de favorecimiento de adhesión 21 en el sustrato 18 y después la capa de refuerzo 23 sobre la capa 21. Esta capa 21 funciona para mejorar la adhesión de la capa de refuerzo 23 que recubre el sustrato 18. Los materiales adecuados para la capa de favorecimiento de adhesión 21 incluyen materiales que comprenden cromo, titanio, tungsteno, tántalo, niobio, otros materiales refractarios, silicio, y otros materiales conocidos en la técnica que son adecuados como capas de favorecimiento de adhesión. La capa 21 puede estar hecha convenientemente utilizado el mismo material elemental elegido para la capa de refuerzo 23. La capa 21 tiene un espesor que es al menos

5 adecuado para facilitar o mejorar la adhesión de la capa 23 al sustrato 18. Este espesor está generalmente comprendido entre aproximadamente 5 nm y aproximadamente 200 nm, y lo más preferible entre aproximadamente 30 nm y aproximadamente 60 nm. La capa de favorecimiento de adhesión 21 puede ser depositada mediante técnicas de deposición de vapor convencionales, que incluyen preferiblemente deposición física de vapor (PVD) y también pueda estar hecha mediante deposición química de vapor (CVD).

10 Los procesos de PVD son bien conocidos y son convencionales e incluyen evaporación de arco catódico (CAE), pulverización catódica, y otros procesos de deposición convencionales. Los procesos de CVD pueden incluir deposición química de vapor de baja presión (LPCVD), deposición química de vapor mejorada de plasma (PECVD) y métodos de deposición térmicos. Las técnicas y el equipo de PVD y CVD se describen 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", Noyes, 1995; y la Patente de Estados Unidos N° 4.162.954 y N° 4.591.418.

15 En el caso de materiales cerámicos sinterizados, aunque los gránulos individuales que forman el material sinterizado pueden tener elevada dureza, la resistencia a la rayadura de toda la estructura sinterizada medida con el ensayo de rayadura es mucho menor que la del material que forma los gránulos (por ejemplo, alúmina). Esto es debido al hecho de que los materiales utilizados típicamente para sinterizar o unir los granos de alúmina juntos, típicamente silicatos, no son tan duros como los propios gránulos. La dureza de la capa de refuerzo 23 puede ser similar a, o incluso menor que, la dureza de los gránulos individuales que componen el disco cerámico, y todavía ser más duros que la estructura cerámica sinterizada en su conjunto. Se ha encontrado mediante la experimentación que, por ejemplo, la profundidad de las rayaduras causadas por un deslizamiento de una púa (de radio = 100 micras) 20 bajo una carga de 30 Newtons es de aproximadamente 4-6 micras sobre un sustrato de alúmina sinterizada no revestido, mientras que la profundidad de la rayadura sobre un sustrato idéntico revestido con una capa de refuerzo de nitruro de cromo de 3 micras de espesor es de solo 2-3 micras.

25 La capa de refuerzo 23 puede estar formada mediante técnicas de deposición de vapor convencionales que incluyen, pero no se limitan a pulverización catódica, evaporación de arco catódico (CAE) y CVD. Los métodos más preferidos son pulverización catódica, CAE, u otros medios que se pueden realizar a una temperatura relativamente baja, con lo que se minimiza el esfuerzo térmicamente inducido en el apilamiento de revestimiento después del enfriamiento. Si la capa de refuerzo 23 es depositada por CAE, también es deseable utilizar filtrado de macropartículas con el fin de controlar y preservar la lisura de la superficie del sustrato 18. La capa de refuerzo 23 también puede ser formada mediante otros métodos bien conocidos para la formación de revestimientos duros, tales como pirólisis de rociado, técnicas de solución-gel, inmersión en líquidos con el posterior tratamiento térmico, métodos de nanofabricación, métodos de deposición de capa atómica y métodos de deposición de capa molecular.

30 La capa de refuerzo 23 alternativamente puede ser formada mediante un proceso de produzca una capa de superficie endurecida sobre un material de base de sustrato. Tales procesos incluyen, por ejemplo, oxidación térmica, nitrurización de plasma, implantación de hierro, tratamiento superficiales químicos y electromecánicos, tales como revestimientos de conversión química, anodización, que incluye anodización dura y posttratamientos convencionales, oxidación de microarco y endurecimiento de corteza. La capa de refuerzo 23 también puede incluir múltiples capas 24 y 25 como se muestra en la Figura 4, en las que las capas 24 y 25 juntas forman la capa de refuerzo 23. Por ejemplo, la capa 24 puede ser un óxido crecido térmicamente en el material de base de sustrato mientras que la capa 25 ser un material depositado. La capa de refuerzo 23 también puede incluir más de dos 35 capas, y puede comprender preferiblemente por ejemplo un tipo de revestimiento de súper-retícula con un gran número de capas alternantes muy delgadas. Tal forma de múltiples capas o de súper-retícula de la capa de refuerzo 23 también puede incluir una o múltiples capas de diamante amorfo.

40 En la estructura de múltiples capas de las Figs. 1-4, la capa de diamante amorfo 30 es depositada sobre la capa de refuerzo 23 para formar una capa de superficie exterior. La finalidad de la capa de diamante amorfo 30 es proporcionar una resistencia a la abrasión de desgaste muy fuerte y una superficie superior lubricada sobre los componentes deslizantes. El diamante amorfo es una forma de carbono no cristalino que es bien conocida en la técnica, y a veces está denominada como carbono amorfo unido tetraédricamente (taC). Puede estar caracterizado por tener entre aproximadamente 25 y 85 por ciento de unión de carbono sp^3 (y al menos un 40 por ciento de unión de carbono sp^3 de acuerdo con una realización a modo de ejemplo) y una dureza comprendida entre 45 aproximadamente 20 y 85 gigaPascales (y al menos 30 gigaPascales de acuerdo con una realización a modo de ejemplo), y un módulo elástico comprendido entre aproximadamente 150 y 900 gigaPascales (y al menos 250 gigaPascales de acuerdo con una realización a modo de ejemplo). Los materiales de diamante amorfo se describen por ejemplo, en la Patentes de Estados Unidos N° 5.799.549 y N° 5.992.268.

50 La capa de material de diamante amorfo 30 se puede aplicar utilizando procesos que incluyen por ejemplo, evaporación de arco catódico filtrado y ablación por láser. El término diamante amorfo como se utiliza aquí incluye todas las formas de carbono de tipo taC y también puede contener elementos de impurezas o de aleación, tales como nitrógeno y metales, y también incluir materiales nano-estructurados que contengan diamante amorfo. Materiales nano-estructurados significa, en la presente, materiales que tienen características estructurales a escala de nanómetro o décimas de nanómetro, que incluyen pero no se limitan a súper-retículas.

60 El espesor de la capa de diamante amorfo 30 es al menos un valor efectivo para proporcionar resistencias al

desgaste y a la abrasión mejoradas en el componente deslizante. Este espesor es generalmente de al menos 100 nm, preferiblemente al menos 200 nm y más preferiblemente al menos 300 nm. El rango de espesor superior de la capa 30 se determina por las características del material, consideraciones económicas y la necesidad de minimizar el esfuerzo intrínseco dependiente del espesor en la capa 30 como se expone más adelante. También la capa de diamante amorfo 30 presenta de manera ventajosa una topología de superficie extremadamente lisa como se puede ver haciendo referencia a la foto de la Fig. 5, principalmente debido a que no hay granos de diamante individuales en un revestimiento amorfo. Además, la topografía de superficie de la capa de diamante amorfo delgada 30 esencialmente reproduce la de la subsuperficie después de que es depositada, y por tanto la capa de diamante amorfo 30 tiene sustancialmente la misma rugosidad superficial media que la de la subsuperficie. Las inclusiones gráficas, visibles como puntos de luz en la Fig. 5, no contribuyen a la rugosidad superficial, como el término se ha utilizado aquí, debido a que son muy blandas y son reducidas a polvo lubricante cuando las superficies deslizantes entran en contacto. El diamante amorfo tiene la ventaja adicional de que puede ser depositado a temperaturas mucho más bajas (generalmente por debajo de aproximadamente 250°C) que el diamante policristalino, eliminando de este modo la necesidad de capas de interfaz de ingeniería gruesas descritas en la técnica anterior (véase, por ejemplo la Patente de Estados Unidos N° 6.165.616) para aliviar el esfuerzo térmicamente inducidos en la capa de diamante. Estos esfuerzos térmicamente inducidos surgen durante el enfriamiento después de la deposición a elevada temperatura, característica de la CVD, y son debidos a las diferencias de coeficiente de dilatación térmica entre el sustrato y el revestimiento de diamante. Hemos encontrado que el tipo de cálculos descritos en la patente '616 para determinar el espesor de su capa de interna de alivio de esfuerzos térmicamente inducidos no son necesarios para las películas de diamante amorfo debido a la baja temperatura de deposición.

Una característica del diamante amorfo es que desarrolla esfuerzos internos intrínsecos (no térmicamente inducidos) elevados, que aumentan cuando el espesor de revestimiento aumenta y que están predominantemente relacionados con las distorsiones de unión atómica y no con la contracción/dilatación térmicas. Aunque se cree que este esfuerzo intrínseco contribuye a la elevada dureza del material, también limita el espesor de revestimiento dado que las fuerzas inducidas por esfuerzo tienen a causar la desestratificación del revestimiento del sustrato 18 (o la capa de refuerzo 23) por encima de cierto espesor. Aunque el diamante amorfo puede ser depositado directamente como un metal, vidrio o disco de aluminio de hierro (opcionalmente con una capa de adhesión), es difícil depositar una capa lo suficientemente gruesa para proporcionar adecuada resistencia a la rayadura para aplicaciones de válvula de agua. La resistencia a la rayadura es importante debido a que los suministros de agua a veces contienen contaminantes abrasivos debidos a roturas de tubería, construcción etc. La capa de refuerzo adicional 23 de la presente invención proporciona un mejor soporte de la capa de diamante amorfo 30 de lo que lo hace el material de sustrato más blando, permitiendo de manera ventajosa que sea utilizada una capa de diamante amorfo, mientras que todavía se obtiene unas resistencias a la rayadura y a la abrasión mejoradas. La capa de refuerzo 23 también puede ser elegida para ser un material que tenga una velocidad de deposición más grande y/o sea menos cara de depositar que la capa de diamante amorfo 30, con el fin de minimizar el coste de revestimiento total a la vez que se mantienen las prestaciones. En la realización más preferida, un límite de espesor superior para la capa de diamante amorfo 30 de aproximadamente 1-2 micras se puede utilizar para evitar la desestratificación inducida por esfuerzo, mientras que un espesor superior a aproximadamente 800 nm, y más preferiblemente 300-500 nm, puede ser deseable por razones económicas a la vez que todavía se consigue las características de rendimiento deseadas.

El diamante amorfo es adecuado para aplicaciones de deslizamiento en mojado en aplicaciones de válvula de agua. En particular, ha mostrado tener un coeficiente de fricción muy bajo y también desgaste por abrasión extremadamente bajo en ensayos de deslizamiento lubricados con agua en los que ambas superficies deslizantes están revestidas con diamante amorfo. Por el contrario, se sabe que los revestimientos DLC tienen coeficientes de fricción más elevados, desgastes más elevados, y se deteriora su rendimiento friccional con el aumento de humedad. Una ventaja más del diamante amorfo es que la temperatura de deposición relativamente baja permite una elección más amplia de materiales de sustrato y minimiza o elimina la distorsión térmicamente inducida permanente del sustrato.

Respecto al bajo coeficiente de fricción registrado por los revestimientos de diamante amorfo en ensayos de deslizamiento lubricados con agua, se cree que pueden ser debidos a al menos una parte de las inclusiones gráficas (normalmente denominadas macropartículas) que están incorporadas en los revestimientos de diamante amorfo mediante algunos métodos. Tales inclusiones gráficas pueden ser numerosas en revestimientos de carbono depositados por evaporación de arco catódico, dependiendo de los materiales objetivo elegidos y el uso de medios de filtrado de macro-partículas como se describe más adelante. Estas inclusiones gráficas no degradan el rendimiento del revestimiento de diamante amorfo debido a su blandura y a la pequeña fracción del área de superficie total que ocupan. En su lugar, se cree que pueden mejorar el rendimiento aumentando la retención de lubricante entre las placas deslizantes.

En la Patente de Estados Unidos N° 5.401.543 se describe que los revestimientos de diamante amorfo están esencialmente libres de macro-partículas que pueden ser depositadas por evaporación de arco catódico a partir de carbono vítreo o cátodos de grafito pirolítico. La máxima densidad de macro-partículas (inclusiones gráficas) en tales revestimientos, como se ha calculado de las dimensiones de área de las figuras fotográficas y los contajes de macro-partículas descritos, es de aproximadamente 200 macro-partículas por milímetro cuadrado. Tales revestimientos de diamante amorfo libres de macro-partículas se pueden utilizar 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

un número sustancial de inclusiones grafiticas, tales como, por ejemplo al menos aproximadamente 500 por milímetro cuadrado. También son menos preferidas debido a que el carbono vítreo requerido o cátodo de grafito pirolítico son bastante caros en comparación con el grafito ordinario.

El número de inclusiones grafiticas 40 incorporado en los revestimientos (véase la Fig. 4 que las muestra esquemáticamente) depositadas por evaporación de arco filtrado a partir de un cátodo de grafito ordinario se pueden controlar de acuerdo con la presente invención eligiendo el diseño de filtro y los parámetros de funcionamiento de manera que se permita que un número deseado de marco-partículas sea transmitido a través de la fuente. Los factores que influyen en la transmisión de macro-partículas a través de un filtro se describen en la Patente de Estados Unidos N° 5.840.163. Los diseños de filtro y parámetros de funcionamiento son elegidos convencionalmente para minimizar el número de macro-partículas transportadas a través de la fuente, son embargo esta selección también generalmente reduce la salida (deseada) de iones de carbono y por tanto reduce la velocidad de deposición. Contrariamente a esta práctica habitual, hemos encontrado que es preferible con la finalidad de minimizar el coste del revestimiento, elegir el diseño de filtro y los parámetros de funcionamiento de manera que se maximice la salida de ion carbono de la fuente (es decir la velocidad de deposición) sin que se exceda el número tolerable máximo de inclusiones grafiticas incorporado en el revestimiento. El número máximo tolerable de inclusiones es ese número por encima del cual el rendimiento de las partes revestidas se deteriora de manera inaceptable debido a la fracción creciente del área de superficie ocupada por las inclusiones. Los factores de rendimiento críticos pueden incluir la no fuga de fluido de trabajo, coeficiente de fricción de deslizamiento, resistencia a la rayadura y a la abrasión, y vida útil. Hemos encontrado que las densidades de superficie de inclusión grafitica sustancialmente mayores de 500/mm² son tolerables y pueden ser beneficiosas como de ha descrito anteriormente.

El contenido de sp³ y el módulo de dureza y las propiedades de esfuerzo del diamante amorfo se pueden alterar sistemáticamente mediante el ajuste de la temperatura y el voltaje de polarización durante la deposición de la capa de diamante amorfo. En este sentido, rangos de contenido de sp³ entre el 25% y el 85%, dureza entre aproximadamente 20 y 85 gigaPascales, módulos entre aproximadamente 150 y 900 gigaPascales, y esfuerzo de compresión entre aproximadamente 1 y 12 gigaPascales ha sido producidos mediante el ajuste de la temperatura de deposición entre 20°C y 300°C y un voltaje de polarización entre 0 V y 600 V. Los revestimientos de diamante amorfo de elevado sp³ tienden a ser en los duros, frágiles, acabados con esfuerzos en los rangos anteriores, mientras que revestimientos de diamante amorfo de bajo sp³ tienden a ser en los moderadamente duros, dúctiles, acabados libres de esfuerzos de los rangos anteriores. Se ha encontrado que los revestimientos de diamante amorfo con al menos aproximadamente un contenido de sp³ del 40 % y un espesor por encima de aproximadamente 0,2 micrómetros tienen propiedades de desgaste que los hacen muy adecuados para aplicaciones de válvulas. Típicamente, tales revestimientos tienen durezas de por encima de aproximadamente 30 gigaPascales, módulos por encima de aproximadamente 250 gigaPascales, y esfuerzos de compresión de más de aproximadamente 2 gigaPascales. Dependiendo de la situación de la carga real en la válvula, un revestimiento grueso de sp³ del 40% puede ser el que mejor se ajuste a una aplicación de carga elevada como tal, un revestimiento es menos propenso a fallo por rotura, mientras que un revestimiento de sp³ elevado delgado puede encajar mejor para válvulas de baja carga.

De acuerdo con la invención, una capa de diamante amorfo tiene una dureza de al menos aproximadamente 20 gigaPascales y menor de 45 gigaPascales (por ejemplo, menor de 40 gigaPascales o menor de 35 gigaPascales de acuerdo con distintas realizaciones a modo de ejemplo) y un módulo de al menos 150 gigaPascales y menor de 400 gigaPascales (por ejemplo, menor de aproximadamente 350 gigaPascales o menor de 300 gigaPascales de acuerdo con diversas realizaciones a modo de ejemplo). De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, la dureza de tal capa es de al menos 30 gigaPascales y el módulo es de al menos 250 gigaPascales. El contenido de sp³ de la capa de diamante amorfo puede estar comprendido entre el 25 y el 85 por ciento, y, de acuerdo con la invención, al menos el 40 por ciento. El espesor de la capa puede ser al menos aproximadamente de 100 nm, y, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo, al menos aproximadamente 200 nm. De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, el esfuerzo de compresión de la capa está entre aproximadamente 1 y 12 gigaPascales, y, de acuerdo con una realización a modo de ejemplo, al menos aproximadamente 2 gigaPascales.

La adhesión de la capa de diamante amorfo 30 a una forma de nitruro de la capa de refuerzo 23 puede en algunos casos ser mejorada mediante la introducción de una gas que contiene carbono, tal como metano, durante un corto periodo de tiempo al final de la deposición de la capa de refuerzo 23. Esto da lugar a una zona de transición delgada de carbonitruro y/o material de carburo entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. En otros casos, la adhesión puede ser mejorada cesando todos los gases reactivos durante un corto periodo al final de la deposición de la capa de refuerzo 23. Esto da lugar a una capa de metal delgada entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. Se ha encontrado que la introducción de metano durante la deposición de arco filtrado de la capa de diamante amorfo 30 aumenta la velocidad de deposición de revestimiento, y también puede mejorar la dureza de revestimiento y la resistencia a la rayadura. En todavía otros casos, por ejemplo, en caso en el que la capa de diamante amorfo 30 va a ser depositada en una superficie de metal térmicamente oxidada, puede ser deseable depositar la capa de favorecimiento de adhesión entre la capa de refuerzo 23 y la capa de diamante amorfo 30. Materiales adecuados para la capa de adhesión pueden incluir, por ejemplo, metales de formación de carburo refractarios, tales como, Ti y W, y diversos metales de transición, tales como Cr, y también pueden incluir carburos de esos metales.

De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, la capa de diamante amorfo proporciona una resistencia física ventajosa al desgaste por deslizamiento y a la acción abrasiva de las partículas de agua. Además el propio material de diamante amorfo es químicamente inerte a los constituyentes de suministro de agua comunes (por ejemplo, iones tales como cloruro y fluoruro, oxidantes como hipoclorito, etc.) a las concentraciones a las que pueden estar presentes en los suministros de agua municipales.

El sustrato también puede estar formado a partir de un material que resista la corrosión de estos constituyentes de suministro de agua. De acuerdo con una realización a modo de ejemplo, los materiales tales como cerámicas (por ejemplo alúmina), metales (por ejemplo Zr y Ti) y aleaciones (por ejemplo, acero inoxidable) se pueden utilizar para el sustrato. De acuerdo con una realización particular a modo de ejemplo, el sustrato puede ser formado a partir de un material cerámico basado en alúmina con diversas cantidades de zirconio y sílice para proporcionar sensibilidad de fluoruro reducida al sustrato.

Para una mayor resistencia a la corrosión de los constituyentes comunes del suministro de agua, la capa de refuerzo puede estar formada de un material que forme materiales de carbono duros (por ejemplo material de carburo). Por ejemplo, la capa de refuerzo puede ser carbono o un carburo de cualquiera de los materiales de acuerdo con las distintas realizaciones a modo de ejemplo: Nb, Ta. Por ejemplo, el carbono o los carburos de Nb y Ta pueden proporcionar resistencia a la corrosión mejorada a los agentes oxidantes como hipoclorito. El carbono o los carburos de Nb y Ta pueden proporcionar resistencia a la corrosión mejorada a los fluoruros. El carbono o los carburos de Nb y Ta pueden proporcionar resistencia completa a la corrosión a los agentes oxidantes como el hipoclorito y agentes de corrosión generales como el cloruro y el fluoruro. De acuerdo con realización particular a modo de ejemplo, la capa de refuerzo puede utilizar carbono y/o un carburo de Nb.

Para un mejor entendimiento de la invención, se proporcionan los siguientes ejemplos. Los ejemplos son ilustrativos y no limitan la invención a las características particulares descritas. EJEMPLO 1, que no forma parte de la invención.

Discos de válvula de acero inoxidable limpios son colocados en una cámara de deposición de vacío que incorpora un cátodo de evaporación de arco y un cátodo de pulverización catódica. La fuente de arco es fijada con medios de filtrado para reducir la incorporación de macropartículas en el revestimiento como se describe por ejemplo en la Patente de Estados Unidos N° 5.480.527 y 5.840.163. Las fuentes de argón y nitrógeno están conectadas a la cámara a través de un distribuidor con válvulas ajustables para controlar en caudal de cada gas al interior de la cámara. El cátodo de pulverización catódica está conectado a la salida negativa de una fuente de corriente continua. El lado positivo de la fuente de energía está conectado a la pared de la cámara. El material de cátodo es cromo. Los discos de válvula son depositados delante del cátodo, y pueden ser hechos girar o movidos de otro modo durante la deposición para asegurar un espesor de revestimiento uniforme. Los discos están eléctricamente aislados de la cámara y están conectados a través de su soporte de montaje a la salida negativa de una fuente de energía, de manera que un voltaje de pulverización catódica se puede aplicar a los sustratos durante el revestimiento.

Antes de la deposición, la cámara de vacío es evacuada a una presión de 2×10^{-5} Torr o menor. Gas argón es después introducido a una velocidad suficiente para mantener una presión de aproximadamente 25 miliTorr. Los discos de válvula son entonces sometidos a una limpieza de plasma de descarga incandescente en la que un voltaje de polarización negativo de aproximadamente 500 voltios se aplica al soporte y a los discos de válvula. La duración de la limpieza es de aproximadamente 5 minutos.

Una capa de cromo que tiene un espesor de aproximadamente 20 nm es entonces depositada sobre los discos de válvula mediante pulverización catódica. Después de que la capa de adhesión de cromo sea depositada, una capa de refuerzo de nitruro de cromo que tiene un espesor de 3 micras es depositada por pulverización catódica reactiva.

Después de que la capa de nitruro de cromo sea depositada, los discos de válvula son dispuestos enfrentándose a la fuente de arco, y una capa de diamante amorfo superior que tiene un espesor de aproximadamente 300 nm es depositada mediante cebado de un arco en el electrodo de carbono y exponiendo a los sustratos al plasma de carbono que sale de la salida de la fuente. Una polarización de corriente continua negativa de aproximadamente 500 voltios es inicialmente aplicada a los sustratos para proporcionar un bombardeo de iones de alta energía para la limpieza de superficie y la mejora de la unión. Después de aproximadamente 5 minutos a un voltaje de polarización elevado, el voltaje de polarización se reduce a aproximadamente 50 voltios para el resto del proceso de deposición. Una presión de argón de aproximadamente 0,5 miliTorr es mantenida en la cámara durante la deposición. Se pueden emplear voltajes de polarización de pulso o de corriente alterna, y un mayor o menor argón se puede también mantener con el fin de estabilizar el funcionamiento de la fuente de arco y optimizar las propiedades del revestimiento.

Se ha encontrado a través de la experimentación que los discos de válvula hechos de acero inoxidable y revestidos de acuerdo con el ejemplo anterior eran capaces de resistir más de 15.000 ciclos de ensayo en agua de circulación que llevaba arena de sílice de 20 micras, mientras que los discos de válvula de alúmina no revestidos estándar fallaban bajo esas condiciones a menos de 2500 ciclos. Se determinó además que la capa de diamante amorfo tenía un contenido de sp^3 del 65%, una dureza de aproximadamente 50 GPa, y un módulo de aproximadamente 500 GPa. EJEMPLO 2, que no forma parte de la invención.

Discos de válvula de circonio limpios fueron colocados en un horno de aire, calentados a una temperatura de 560°C, mantenidos a esta temperatura durante aproximadamente 6 horas, y enfriados. Una capa de refuerzo de óxido de circonio es así formada en la superficie de sustrato, teniendo un espesor de 5-10 micras. Los discos son después colocados en una cámara de deposición de vacío que incorpora un cátodo de evaporación de arco filtrado y un

5 cátodo de pulverización catódica. Una capa de adhesión de cromo que tiene un espesor de aproximadamente 20 nm es depositada en los discos de válvula mediante pulverización catódica como se ha descrito en el ejemplo 1. Después de que la capa de adhesión de cromo se haya depositado, se deposita una capa de diamante amorfo como se describe en el Ejemplo 1.

Los discos de válvula hechos de circonio y tratados como se ha descrito para formar una estructura de múltiples capas sobre sus superficies fueron ensayados para la resistencia a la rayadura, utilizando un ensayador de rayadura con carga variable. Las profundidades de rayadura en los discos de Zr tratados generadas por una punta de púa que tenía un radio de 100 micras bajo una carga de 3 Newtons fueron de aproximadamente 4,7 micras de profundidad, mientras que las de discos de Zr no tratados fueron de aproximadamente 9,5 micras o más del doble de profundidad. Se cree que los resultados del ensayo de rayadura son una predicción relevante de la resistencia a la

10 rayadura y a la abrasión en aplicaciones de campo. EJEMPLO 3, que no forma parte de la invención.

Discos de válvula de vidrio moldeado limpios fueron colocados en una cámara de deposición de vacío que incorpora una fuente de ablación por láser, una fuente PECVD, y un cátodo de pulverización catódica. Los discos de válvula son sometidos a una limpieza de plasma de descarga de RF (radio-frecuencia) por medios conocidos. Una capa de adhesión de titanio que tiene un espesor de aproximadamente 20 nm es después depositada en los discos de

20 válvula mediante pulverización catódica. Una capa de refuerzo de DLC que tiene un espesor de aproximadamente 3 micras es después depositada en la parte superior de la capa de adhesión mediante PECVD utilizando parámetros de deposición conocidos. Una capa de diamante amorfo que tiene un espesor de aproximadamente 300 nm es después depositada en la parte superior de la capa de DLC mediante ablación por láser utilizando parámetros de deposición conocidos. EJEMPLO 4, que no forma parte de la invención.

Discos de válvula de acero inoxidable limpios son colocados en la cámara de vacío que contiene una fuente de evaporación de arco filtrado y un cátodo de pulverización catódica. La cámara es evacuada, se introduce gas nitrógeno, se establece una descarga de plasma entre los discos y las paredes de la cámara, y la superficie del disco es nitrurada con plasma de acuerdo con parámetros conocidos. El nitrógeno se esparce en los sustratos de

25 acero inoxidable para formar una capa de superficie más dura que el sustrato, y el proceso continúa durante un periodo de tiempo suficiente para que la profundidad de la capa alcance aproximadamente 2 micras. Una súper-retícula que consta de múltiples capas alternantes de nitruro de carbono y nitruro de circonio es entonces depositada en la superficie de acero inoxidable nitrurada mediante evaporación de arco filtrado y pulverización catódica respectivamente. Las capas individuales alternantes son de aproximadamente 10 nm de espesor, y aproximadamente 100 capas de cada material son depositadas para un espesor de súper-retícula total de

30 aproximadamente 2 micras. La relación de nitrógeno a carbono en las capas de nitruro de carbono es preferiblemente de aproximadamente 1,3, dado que las súper-retículas de nitruro de carbono + nitruro de circonio que tienen esta relación N:C se ha mostrado que tienen principalmente carbono de unión sp^3 y la dureza en el rango de 50 gigaPascales. El nitruro de carbono como se ha utilizado aquí se refiere a un material que tiene una relación de N:C comprendida entre aproximadamente 0,1 y 1,5.

El gran número de capas delgadas puede ser convenientemente depositado montando el sustrato en un cilindro giratorio de manera que los sustratos pasan primero por delante de una fuente de deposición y después por la otra, de manera que un par de capas se deposita durante cada revolución del cilindro. El espesor de la capa de refuerzo total es de aproximadamente 4 micras incluyendo la capa de acero inoxidable nitrurada con plasma. Una capa de

40 diamante amorfo que tiene un espesor de aproximadamente 200 nm es después depositada en la parte superior de la capa de súper-retícula mediante evaporación de arco filtrado como se ha descrito en el Ejemplo 1.

Ejemplo 5

Discos de válvula de alúmina cerámicos limpios son colocados en una cámara de deposición de vacío que incorpora un cátodo de evaporación de arco y un cátodo de pulverización catódica. La fuente de arco es fijada con medios de filtrado para reducir la incorporación de macropartículas en el revestimiento, como se ha descrito por ejemplo en la

50 Patente de Estados Unidos N° 5.480.527 y 5.840.527. Las fuentes de argón y nitrógeno están conectadas a la cámara a través de un distribuidor con válvulas ajustables para controlar el caudal de cada gas en la cámara. El cátodo de pulverización catódica está conectado a la salida negativa de una fuente de alimentación de corriente continua. El lado positivo de la fuente de energía está conectado a la pared de la cámara. El material de cátodo es tántalo. Los discos de válvula son depositados delante del cátodo, y pueden ser girados o movidos de otra forma

55 durante la deposición para asegurar un espesor de revestimiento uniforme. Los discos están eléctricamente aislados de la cámara y están conectados a través de su soporte de montaje a la salida negativa de una fuente de energía, de manera que se puede aplicar un voltaje de polarización a los sustratos durante el revestimiento.

Antes de la deposición, la cámara de vacío es evacuada a una presión de 2×10^{-5} Torr o menor. Gas argón es después introducido a una velocidad suficiente como para mantener una presión de aproximadamente 25 miliTorr. La temperatura se eleva y se mantiene a 300°C por medio de elementos de calentamiento durante el resto del

60

proceso de revestimiento. Los discos de válvula son después sometidos a una limpieza de plasma de descarga incandescente en la que se aplica un voltaje de polarización negativo de aproximadamente 500 voltios al soporte y a los discos de válvula. La duración de la limpieza es de aproximadamente 5 minutos.

5 Una capa de tantalio que tiene un espesor de aproximadamente 20 nm es después depositada en los discos de válvula mediante pulverización catódica. Después de que se haya depositado la capa de adhesión de tantalio, se deposita una capa de refuerzo de nitruro de tantalio que tiene un espesor de aproximadamente 3 micras mediante pulverización catódica reactiva.

10 Después de que la capa de nitruro de tantalio sea depositada, los discos de válvula son dispuestos enfrentándose a la fuente de arco, y una capa de diamante amorfo que tiene un espesor de aproximadamente 300 nm es depositada mediante cebado de un arco de electrodo de carbono y exponiendo los sustratos al plasma de carbono que sale de la salida de la fuente. Una polarización de corriente continua negativa de aproximadamente 500 voltios se aplica inicialmente a los sustratos para proporcionar un bombardeo de iones de alta energía para la limpieza superficial y la mejora de la unión. Después de 5 minutos a un elevado voltaje de polarización, el voltaje de polarización se reduce a 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. Se pueden emplear voltajes de polarización de pulso o de corriente alterna, y se puede mantener un argón más elevado o más bajo con el fin de estabilizar el funcionamiento de la fuente de arco y optimizar las propiedades del revestimiento.

20 Se ha encontrado mediante la experimentación, que los discos de válvula fabricados de alúmina y revestidos de acuerdo con el ejemplo anterior fueron capaces de resistir más de 15.000 ciclos de ensayo en agua de circulación que llevaba arena silíceo de 20 micras, mientras que los discos de alúmina no revestidos estándar fallaron bajo las mismas condiciones a menos de 2500 ciclos. Se encontró además que el contenido de sp^3 de la capa de diamante amorfo era del 45% mientras que la dureza era de aproximadamente 32 GPa y el módulo era de aproximadamente 250 GPa.

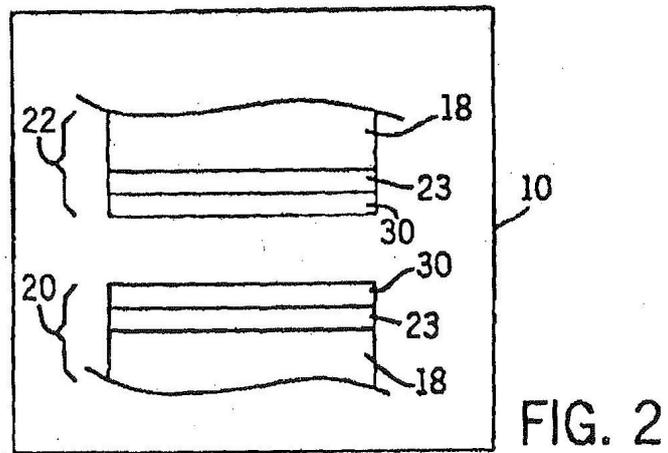
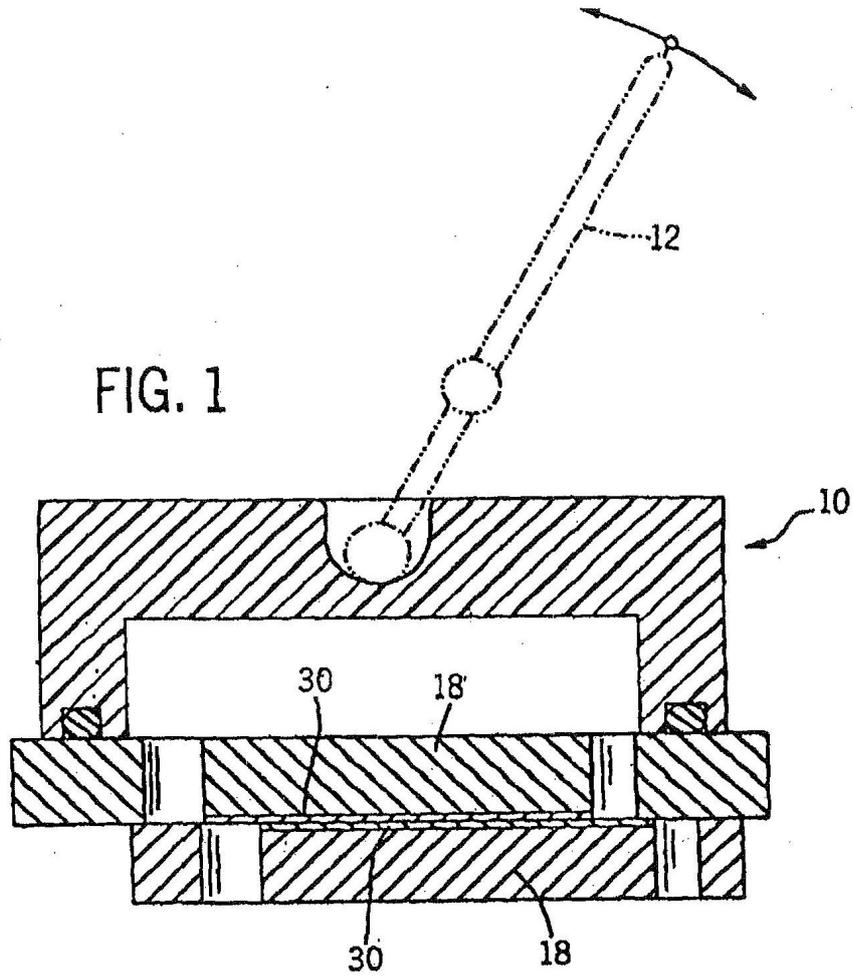
25 Aquellos que revisen la presente descripción apreciarán se pueden ser posibles una variedad de combinaciones dentro del campo de la presente invención.

30 La construcción y configuración de los elementos mostrados en las realizaciones preferidas y otras a modo de ejemplo son solo ilustrativos. Aunque solo se han descrito con detalle unas pocas realizaciones, los expertos en la técnica que revisen esta descripción apreciarán fácilmente que son posibles muchas modificaciones (por ejemplo, variaciones de tamaño, dimensiones, estructuras, formas y proporciones de los diversos elementos, valores de los parámetros, uso de materiales, etc.) sin que materialmente se salgan de la enseñanzas novedosas y de las ventajas de la materia objeto descrita aquí. Por ejemplo, una llave puede incluir un revestimiento de diamante amorfo solo sobre una o sobre ambos de los discos incluidos en el conjunto. El orden o secuencia de cualesquiera etapas del proceso o método se puede variar o modificar de acuerdo con las realizaciones alternativas. Se pueden hacer otras sustituciones, modificaciones, cambios, y omisiones en el diseño, condiciones de funcionamiento y configuración de las realizaciones preferidas y de otras realizaciones a modo de ejemplo sin que se salgan del campo de la presente invención.

35 El campo de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una llave que comprende:
 - una válvula de control de fluido (10) que comprende una pluralidad de componentes de válvula (20, 22), en donde un segundo componente de válvula (20) está configurado para el acoplamiento deslizante con un primer componente de válvula (22) y el primer y segundo componentes de válvula están dispuestos en forma de discos; comprendiendo al menos uno del primer componente de válvula y el segundo componente de válvula (20, 22):
 - un material de base (18),
 - una capa de favorecimiento de adhesión (21);
 - una capa de refuerzo (23) dispuesta sobre la capa de favorecimiento de adhesión (21), comprendiendo la capa de refuerzo (23) al menos un de tántalo y niobio; y
 - un material de diamante amorfo (30) dispuesto encima de la capa de refuerzo (23) para formar una capa de superficie exterior, caracterizada por que,
 - el material de diamante amorfo (30) tiene una dureza que es menor de 20 GPa y menor que 45 GPa, un módulo que es al menos 150 GPa y menor de 400 GPa y una unión sp^3 de al menos aproximadamente el 40%.
2. La llave de la reivindicación 1, en la que el material de diamante amorfo (30) tiene un coeficiente de fricción que es menor que el del carbono similar al diamante y tiene una dureza que es mayor que la del carbono similar al diamante.
3. La llave de la reivindicación 1, en la que el material de diamante amorfo (30) tiene unión sp^3 de al menos un 85%.
4. La llave de la reivindicación 1, en la que el material de diamante amorfo (30) tiene una dureza de al menos 30 gigaPascales y un módulo elástico de al menos 250 GPa.
5. La llave de la reivindicación 1, en la que la capa de diamante amorfo (30) tiene un espesor de al menos 100 nanómetros.
6. La llave de la reivindicación 5, en la que la capa de diamante amorfo (30) tiene un espesor de al menos 200 nanómetros.
7. La llave de la reivindicación 1, en la que la capa de diamante amorfo (30) tiene un esfuerzo de compresión de entre aproximadamente 1 y 12 GPa.
8. La llave de la reivindicación 1, en la que la capa de refuerzo (23) comprende al menos material seleccionado del grupo formado por nitruro de tántalo y nitruro de niobio.
9. La llave de la reivindicación 1, en la que el material de base comprende un material seleccionado del grupo formado por alúmina, acero inoxidable, aluminio, bronce, titanio, circonio, un vidrio, un cerment, un material que contiene vidrio, un material poliméricos, y un material compuesto.
10. La llave de la reivindicación 1, en la que la capa de favorecimiento de adhesión (21) comprende tántalo.
11. La llave de la reivindicación 2, en la que el primer o el segundo componente de válvula incluye adicionalmente las características de las reivindicaciones 4, 5, 8, 9.



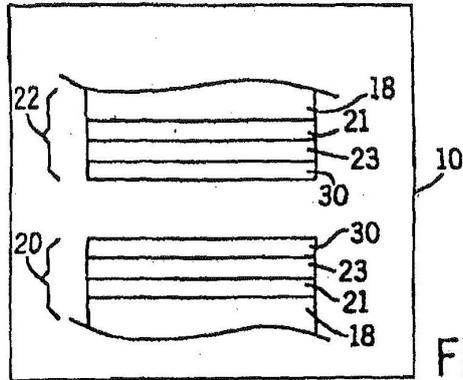


FIG. 3

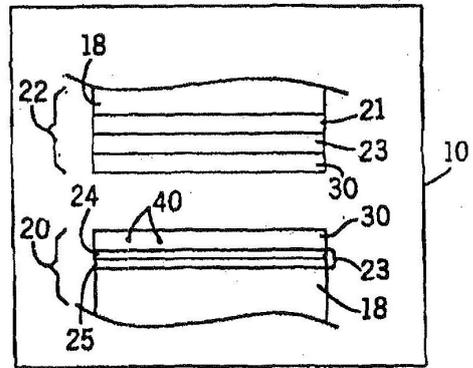


FIG. 4

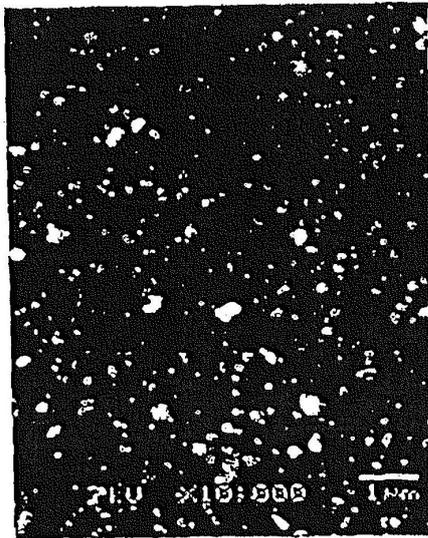


FIG. 5