



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0902003-9 A2**



* B R P I 0 9 0 2 0 0 3 A 2 *

(22) Data de Depósito: 10/06/2009
(43) Data da Publicação: 13/04/2010
(RPI 2049)

(51) *Int.Cl.:*
C23C 16/26 (2010.01)

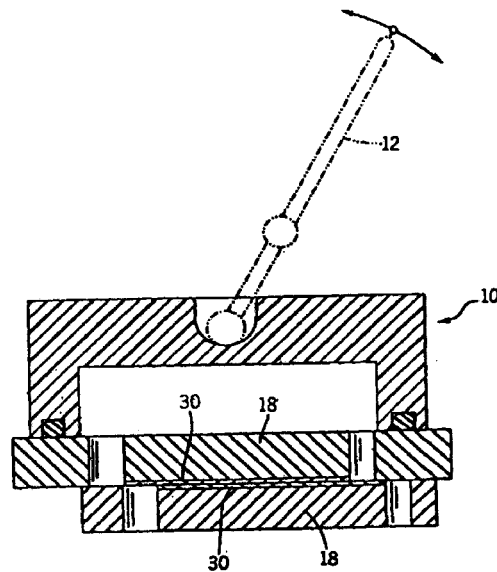
(54) Título: **TORNEIRA**

(30) Prioridade Unionista: 18/06/2008 US 12/141,848

(73) Titular(es): Masco Corporation of Indiana

(72) Inventor(es): Douglas S. Richmond, Klaus Brondum, Kurt Thomas, Patrick B. Jonte, Richard P. Welty

(57) **Resumo:** TORNEIRA. Uma torneira inclui uma primeira chapa de válvula compreendendo um material de base e uma camada de reforço provida acima do material de base. Um material de diamante amorfo é provido acima da camada de reforço. O material de diamante amorfo tem um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante a diamante e tem uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao diamante.



**TORNEIRA**REFERÊNCIA REMISSIVA AOS PEDIDOS DE PATENTE RELACIONADOS

O presente pedido é uma continuação em parte do Pedido de Patente dos Estados Unidos 11/732.948 depositado em 5 de abril de 2007, o qual é uma continuação do Pedido de Patente dos Estados Unidos 11/201.395 depositado em 10 de agosto de 2005, o qual é uma continuação do Pedido de Patente dos Estados Unidos 10/741.848 depositado em 18 de novembro de 2003, o qual é uma continuação do Pedido de Patente dos Estados Unidos 10/322.871 depositado em 18 de dezembro de 2002. O presente pedido também é uma continuação em parte do Pedido de Patente dos Estados Unidos 11/784.765 depositado em 9 de abril de 2007, o qual é uma continuação em parte do Pedido de Patente dos Estados Unidos 11/201.395 Depositado em 10 de agosto de 2005 (o qual, conforme descrito acima é uma continuação do Pedido de Patente dos Estados Unidos 10/741.848 depositado em 18 de dezembro de 2003, o qual é uma continuação do Pedido de Patente dos Estados Unidos 10/322.871 depositado em 18 de dezembro de 2002). As revelações de cada um dos Pedidos de Patente, anteriormente mencionados, são aqui incorporadas integralmente mediante referência.

ANTECEDENTES

Essa invenção se refere genericamente aos revestimentos de superfície de múltiplas camadas para uso com artigos industriais e produtos exigindo superfícies exteriores de baixa fricção, de baixo desgaste, e de proteção. Mais particularmente, a invenção se refere aos artigos que tem componentes que deslizam uns nos outros, tais como componentes de válvula para válvulas de

misturação de água, tendo camadas de proteção de superfície compreendendo uma camada de reforço e um revestimento externo de diamante amorfo.

Em certas aplicações, tal como, por exemplo, chapas de válvula, para válvulas de controle de fluido, há a necessidade de que as superfícies que deslizam umas nas outras sejam resistentes ao desgaste, resistentes à abrasão, resistentes à arranhadura, e tenham um baixo coeficiente de fricção. Os elementos de um tipo de válvula de controle para mistura de fluxos de água quente e fria compreendem tipicamente um disco estacionário e um disco deslizante móvel, embora os elementos de chapa possam ser de qualquer formato ou geometria tendo uma superfície de vedação, incluindo, superfícies planas, esféricas e cilíndricas. O tremo "disco" aqui usado, portanto, se refere às chapas de válvula de qualquer formato e geometria tendo superfícies conjugadas que se engatam e deslizam umas contra as outras para formar uma vedação hermética ao fluido. O disco estacionário tem tipicamente uma entrada de água quente, uma entrada de água fria, e uma saída de descarga de água misturada, enquanto que o disco móvel contém características similares e uma câmara de misturação. Deve ser entendido que a câmara de misturação não precisa estar no disco, mas poderia ser parte de uma estrutura adjacente. O disco móvel se sobrepõe ao disco estacionário e pode ser deslizado e/ou girado sobre o disco estacionário de modo que a água misturada com temperatura, e taxa de fluxo; determinadas, desejadas, é obtida na câmara de misturação mediante regulagem da taxa de fluxo e das proporções de água quente, e de água fria, admitidas a

partir da entrada de água quente e da entrada de água fria, e descarregadas através da saída de descarga de água misturada. As superfícies de vedação conjugadas do disco devem ser fabricadas com precisão suficiente para permitir que as duas superfícies de vedação casem e formem uma vedação hermética ao fluido (isto é, elas devem se ajustar mutuamente e devem ser suficientemente lisas para impedir que o fluido passe entre as superfícies de vedação). O grau de nivelamento (para um formato plano de chapa), ou a conformidade combinada (para superfícies não-planas) e a lisura exigida dependem de certo modo da construção de válvula e dos fluidos envolvidos, e geralmente são bem conhecidas na indústria. Outros tipos de válvulas de disco, embora ainda utilizando superfícies de vedação conjugadas em contato de deslizamento mútuo, podem controlar apenas um fluxo de fluido ou podem proporcionar mistura por intermédio de uma estrutura ou configuração de abertura diferente. O disco estacionário, por exemplo, pode ser uma parte integral do corpo de válvula.

Experiência anterior com esse tipo de válvula de controle demonstrou que existe um problema de desgaste das superfícies conjugadas dos discos devido ao fato de que os discos estacionários e móveis estão em contato e deslizam um contra o outro (vide, por exemplo, a Patente dos Estados Unidos 4.935.313 e 4.966.789). Para minimizar o problema de desgaste, esses discos de válvula normalmente são feitos de cerâmica sinterizada tal como alumina (óxido de alumínio). Embora os discos de alumina tenham boa resistência ao desgaste, eles têm características de fricção indesejáveis em que a força de operação aumenta, e eles tendem a

"emperrar" após a graxa lubrificante originalmente aplicada aos discos se desgastar e ser removida. A resistência à arranhadura e à abrasão das chapas de alumina, em relação às partículas grandes e pequenas (respectivamente) no fluxo de água, é adequada; contudo, elas ainda estão sujeitas a dano a partir de fluxos de água contaminada contendo partículas abrasivas tais como areia e aperfeiçoamento a esse respeito seria vantajoso. Adicionalmente, a natureza porosa dos discos cerâmicos sinterizados faz com que eles tenham tendência a "bloquear" durante longos períodos de não-utilização, devido aos minerais dissolvidos na fonte de água os quais se precipitam e cristalizam entre poros coincidentes nas superfícies conjugadas. Um objetivo da presente invenção é o de prover discos que apresentem desgaste reduzido, resistência aperfeiçoada à arranhadura e à abrasão e características de fricção reduzida. Outro objetivo é o de prover discos de válvula não-porosos ou de porosidade reduzida para reduzir o número de locais onde os cristais precipitados podem se formar entre as superfícies conjugadas.

Seria vantajoso usar um material para os discos, tal como metal, que seja menos dispendioso, mais fácil de esmerilhar e polir e que não seja poroso. Contudo, o comportamento de resistência ao desgaste e de fricção dos discos metálicos não-revestidos geralmente não é aceitável para aplicações de vedação deslizante. Um objetivo adicional da presente invenção é o de prover discos feitos de um material à base de metal e tendo resistência aperfeiçoada ao desgaste, à arranhadura e à abrasão e características aperfeiçoadas de fricção em comparação com

os discos cerâmicos não-revestidos.

É revelado na técnica anterior (por exemplo, Patentes dos Estados Unidos 4.707.384 e 4.734.339, que são incorporadas aqui mediante referência) que os revestimentos de diamante policristalino, depositados mediante deposição a vapor químico (CVD), em temperaturas de substrato de aproximadamente 800-1000°C, podem ser usados em combinação com camadas de adesão de vários materiais para prover componentes resistentes ao desgaste e arranhadura. Películas de diamante policristalino, contudo, conforme sabido, têm superfícies ásperas devido às facetas de cristal dos grãos individuais de diamantes, como é evidente nas fotografias das Figuras 2 e 3, na Patente '384. É conhecido na técnica polir tais superfícies para minimizar o coeficiente de fricção em aplicações de deslizamento, ou mesmo depositar o diamante policristalino sobre um substrato liso e, então, remover a película a partir do substrato e usar o lado liso da película (o qual estava anteriormente contra o substrato), em vez da superfície original, como superfície de apoio. A presente invenção supera os problemas da técnica anterior mediante provisão de algumas características vantajosas, incluindo sem limitação a provisão de uma superfície lisa e muito dura para aplicações de deslizamento, enquanto evitando o processamento posterior, difícil e dispendioso, de uma camada de superfície de diamante policristalino. A metodologia também emprega, vantajosamente, materiais de substrato (tais como, metais adequados, vidros, e materiais compósitos e orgânicos) que não podem ser processados nas elevadas temperaturas que são necessárias para a deposição

CVD de diamante policristalino.

Também é revelado na técnica anterior (por exemplo, Patente dos Estados Unidos 6.165.616, que é incorporada aqui mediante referência) que camadas de interface projetada podem ser empregadas para aliviar a tensão termicamente induzida em uma camada de diamante policristalino. Essas tensões termicamente induzidas surgem durante esfriamento do substrato após deposição de revestimento em temperaturas relativamente elevadas, e se devem à diferença em coeficiente de expansão térmica entre o substrato e o revestimento de diamante. Cálculos de engenharia mais propriamente complicados são especificados na '616 para determinar a composição e espessura da camada e interface desejada. A espessura da camada de interface revelada em '616, para minimizar a tensão termicamente induzida na camada de diamante, é da ordem de 20 a 25 micrômetros de acordo com as Figuras 1 a 3. Tais camadas de interface, grossas, são de deposição dispendiosa, devido ao tempo necessário para deposição das mesmas e ao alto custo do equipamento exigido. A presente invenção também inclui vantajosamente, sem limitação, a minimização do custo do revestimento, mas obtendo ainda resultados desejados mediante emprego de camadas de interface muito mais finas do que aquelas ensinadas pela '616, e para evitar criar as tensões termicamente induzidas, as quais necessitam de tais cálculos de engenharia complicados, mediante depósito de uma camada de superfície dura em uma temperatura relativamente baixa em comparação com a técnica anterior, tal como a Patente '616.

É revelado ainda na técnica anterior (por exemplo,

Patentes dos Estados Unidos 4.935.313 e 4.966.789, que são aqui incorporadas mediante referência) que carbono de treliça cristalográfica cúbica (diamante policristalino) e outros materiais duros podem ser usados como revestimentos de superfície em discos de válvula, e que pares de discos de válvulas mutuamente deslizantes que diferem uns dos outros, seja na composição de superfície, ou no acabamento de superfície, são preferíveis em relação àqueles que têm essas mesmas características, com relação à minimização da fricção entre as chapas. A presente invenção provê superfícies conjugadas de disco de válvula tendo um coeficiente de fricção inferior ao dos materiais revelados nas aplicações de superfícies umedecidas com fluido, ou lubrificadas com água, tais como válvulas de água, e para permitir processamento idêntico das duas superfícies conjugadas para evitar a necessidade de comprar e operar diferentes tipos de equipamento de processamento. A presente invenção provê ainda, sem limitação, superfícies conjugadas de disco de válvula tendo um coeficiente de fricção inferior ao dos materiais revelados nas aplicações de superfícies umedecidas a fluido ou lubrificadas com água tais como válvulas de água. Além disso, ambas as superfícies deslizantes conjugadas dos discos podem ser duras e ter uma resistência à abrasão aos fluxos de água contaminada e permitir processamento idêntico de ambas as superfícies conjugadas para evitar a necessidade de se comprar e operar diferentes tipos de equipamento de processamento.

SUMÁRIO

Uma modalidade exemplar se refere a uma torneira que

inclui uma primeira chapa de válvula compreendendo um material de base e uma camada de reforço provida acima do material de base. Um material de diamante amorfo é provido acima da camada de reforço. O material de diamante amorfo tem um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante ao diamante e tem uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao diamante.

Outra modalidade exemplar se refere a uma torneira que inclui uma válvula de controle de fluido compreendendo uma pluralidade de componentes de válvula. Ao menos um dos componentes de válvula inclui um substrato, uma camada de reforço provida acima do material de base, e um material de diamante amorfo provido acima da camada de reforço. O material de diamante amorfo tendo um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante ao diamante, uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao diamante, e ligação sp^3 de ao menos aproximadamente 40%.

Uma torneira inclui um primeiro componente de válvula, e um segundo componente de válvula configurado para engate deslizante com o primeiro componente de válvula. Ao menos um entre o primeiro componente de válvula e o segundo componente de válvula compreende um substrato, uma camada de material compreendendo ao menos um entre tântalo e nióbio provido acima do substrato, e uma camada de material de diamante amorfo, provida acima da camada de reforço. O material de diamante amorfo tem um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante ao diamante e uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao diamante.

A Figura 1 é uma forma de válvula incorporando uma estrutura de múltiplas camadas com uma camada de diamante amorfo sobreposta a um substrato;

A Figura 2 é um detalhe de uma forma de estrutura de múltiplas camadas da invenção;

A Figura 3 ilustra ainda outra estrutura de múltiplas camadas com uma camada promotora de adesão adicional, acrescentada;

A Figura 4 é uma forma adicional de estrutura de múltiplas camadas da Figura 2 em que uma camada de reforço inclui duas camadas de materiais diferentes; e

A Figura 5 é uma fotomicrografia da aparência de superfície de uma camada exterior de diamante amorfo sobre um substrato, ou camada subjacente.

15 DESCRIÇÃO DETALHADA

Modalidades da invenção são ilustradas geralmente nas figuras, onde a Figura 1 mostra uma forma da válvula 10 com cabo 12, incorporando a invenção. Especificamente, as Figuras 2-4 ilustram uma porção de uma válvula 10 tendo um substrato 18 para um componente deslizante 20 e/ou um componente fixo 22 da válvula 10 que pode compreender um material de base em que o material de base pode ser idêntico ou diferente no componente deslizante 20 e no componente fixo 22. Em outras modalidades, um dos componentes 20, 22 pode ser fixo. Preferivelmente o material de base é uma cerâmica sinterizada ou um metal. Materiais de base também podem compreender vidros ou materiais vítreos, cermets, materiais poliméricos, materiais compósitos, compostos intermetálicos tais como 25 alumínida de ferro, e outros materiais mecanicamente

adequados para a aplicação. Os metais podem incluir, por exemplo, qualquer metal convencional incluindo sem limitação, aço inoxidável, latão, zircônio, titânio, alumínio, e ligas dos três materiais precedentes. Aço

5 inoxidável, titânio, zircônio e alumínio são os metais mais preferidos; com o termo aço inoxidável se referindo a qualquer tipo, tal como 304, 316, etc.; e suas variações customizadas, e com os termos titânio, zircônio, e alumínio entendidos como incluindo ligas compreendidas na maior

10 parte desses metais. Aço inoxidável sinterizado (pulverizado) é um material de substrato preferido porque ele pode ser moldado economicamente em formatos complexos adequados para os discos e pode ser economicamente esmerilhado e polido para se obter uma superfície de

15 vedação conjugada, lisa. No caso de aço inoxidável sinterizado, são preferidos os substratos "completamente densos" e os substratos moldados por injeção de metal. Titânio e zircônio são materiais de base, preferidos, porque eles podem facilmente ser oxidados ou anodizados

20 para formar uma camada de superfície dura. Cerâmica pode ser qualquer material cerâmico convencional, incluindo sem limitação, por exemplo, alumina sinterizada (óxido de alumínio) e carboneto de silício, com alumina sendo um material preferido. Os materiais compósitos podem incluir,

25 por exemplo, quaisquer cermets convencionais, epóxis reforçados com fibra e poliamidas, e compósitos de carbono-carbono. Vidro e materiais vítreos podem incluir, por exemplo, vidro de borossilicato tal como Pyrex™, e materiais tais como vidro laminado reforçado e vidro-

30 cerâmica. Vidro, materiais vítreos e cermets são substratos

preferidos porque eles podem ser economicamente moldados em formatos complexos adequados para os discos e podem ser economicamente esmerilhados e polidos em uma superfície plana e lisa. Aluminita de ferro é entendido como sendo um material consistindo principalmente de ferro e alumínio, mas também pode conter pequenas quantidades de outros elementos tal como molibdênio, zircônio, e boro.

Conforme mostrado na Figura 2, uma camada de reforço 23 também pode ser colocada diretamente sobre a superfície de substrato 18. Essa camada 23 pode compreender um material tendo dureza superior a do substrato 18 (embora se deva entender que de acordo com outras modalidades exemplares, a camada de reforço pode não ter uma dureza que seja a do substrato). Materiais adequados para a camada de reforço 23 podem incluir compostos de Cr, Ti, W, Zr, Ta, Nb, e quaisquer outros metais convencionalmente conhecidos para uso em revestimentos duros. Os compostos incluem sem limitação nitretos, carbonetos, óxidos, carbo-nitretos, e outros materiais de fase mista incorporando nitrogênio, oxigênio, e carbono. Um material altamente preferível para a camada de reforço 23 é nitreto de cromo. Nitreto de cromo no presente pedido mais preferivelmente se refere a um composto de fase única ou mista de cromo e nitrogênio tendo teor de nitrogênio na faixa de aproximadamente 10 a aproximadamente 50 por cento de massa atômica. O termo nitreto de cromo também se refere a um material contendo tais elementos de dopagem ou ligação como ítrio, escândio e lantânio, além de cromo e nitrogênio.

Outro material adequado para camada de reforço 23 é o DLC convencional (Carbono semelhante ao Diamante), o qual

é uma forma de carbono não-cristalino conhecido na técnica e distinto do diamante amorfo. Revestimentos de DLC são descritos, por exemplo, na Patente dos Estados Unidos 6.165.616 (na qual eles são denominados revestimentos (a-
5 C)). O DLC pode ser depositado mediante bombardeamento iônico ou mediante CVD convencional. DLC é um material amorfo com ligação de carbono na maior parte sp^2 e pouca ligação sp^3 tetraédrica que caracteriza o diamante amorfo. A dureza do DLC é substancialmente inferior àquela do
10 diamante amorfo e é mais similar à dureza dos materiais de revestimento duro, convencionais tais como nitreto de titânio e nitreto de cromo. As tensões internas nos revestimentos de DLC também são inferiores àquelas nos revestimentos de diamante amorfo, permitindo que o DLC seja
15 depositado em camadas mais grossas do que o diamante amorfo, sem perda de adesão. O termo DLC conforme aqui usado inclui formas hidrogenadas do material.

De acordo com outra modalidade exemplar, a camada de reforço compreende um material contendo tântalo tal como
20 carboneto de tântalo, nitreto de tântalo, ou um carboneto de tântalo. Uma característica vantajosa do uso de tântalo ou de um composto de tântalo para a camada de reforço é que o tântalo exibe excelente resistência à corrosão e é relativamente dúctil quando usado como um
25 metal. Adicionalmente, o tântalo facilmente forma carbonetos tendo valores de dureza relativamente elevados (valores de dureza Mohs de 9+) que são desejáveis para a camada de reforço para prover, ao substrato, resistência à arranhadura e à abrasão.

30 De acordo com outra modalidade exemplar, a camada de

reforço compreende um material contendo nióbio tal como carboneto de nióbio, nitreto de nióbio ou carbo-nitreto de nióbio.

A camada de reforço 23 funciona principalmente para aperfeiçoar a resistência à abrasão e arranhadura do revestimento de múltiplas camadas. A dureza da camada de reforço 23 deve ser, pelo menos, maior que aquela do substrato 18 para realizar sua função pretendida de aperfeiçoar a resistência à arranhadura do disco revestido.

10 A espessura da camada de reforço 23 é ao menos uma espessura suficiente para aperfeiçoar a resistência à arranhadura do substrato 18. Para materiais usados tipicamente como revestimentos duros, tais como aqueles revelados acima, essa espessura é geralmente de

15 aproximadamente 500 nm a aproximadamente 10 micrômetros, e preferivelmente de aproximadamente 2000 nm a aproximadamente 5000 nm. Nos testes de válvulas de água de torneira descobriu-se que uma camada de reforço de nitreto de cromo, tendo uma espessura de aproximadamente 5

20 micrômetros, proporciona resistência adequada à abrasão e à arranhadura (em conjunto com uma camada superior de diamante amorfo, fina) para tipos e tamanhos de contaminadores considerados como típicos em fontes de água municipais e de poço.

25 Em algumas modalidades da presente invenção, conforme mostrado na Figura 3, e para o componente 22 da Figura 4, uma camada promotora de adesão, fina, 21 pode ser depositada no substrato 18 e, então, a camada de reforço 23 na camada 21. Essa camada 21 funciona para aperfeiçoar a

30 adesão da camada de reforço sobreposta 23 ao substrato 18.

Materiais adequados para a camada promotora de adesão 21 incluem materiais compreendendo cromo, titânio, tungstênio, tântalo, nióbio, outros metais refratários, silício, e outros materiais conhecidos na técnica como adequados para camadas promotoras de adesão. A camada 21 pode ser feita convenientemente utilizando-se o mesmo material elementar escolhido para a camada de reforço 23. A camada 21 tem uma espessura que é ao menos adequada para promover ou aperfeiçoar a adesão da camada 23 ao substrato 18. Essa espessura geralmente é de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 200 nm, e mais preferivelmente de aproximadamente 30 nm a aproximadamente 60 nm. A camada promotora de adesão 21 pode ser depositada mediante técnicas convencionais de deposição a vapor, incluindo preferivelmente deposição física a vapor (PVD) e também pode ser feita mediante deposição química a vapor (CVD).

Os processos PVD são bem conhecidos e convencionais e incluem evaporação por arco catódico (CAE), bombardeamento iônico, e outros processos convencionais de deposição. Os processos CVD podem incluir deposição química a vapor à baixa pressão (LPCVD), deposição química a vapor otimizada a plasma (PECVD), e métodos de decomposição térmica. As técnicas PVD e CVD e equipamento são revelados, entre outros, em J. Vossen and W. Kern "Thin Film Processes II", Academic Press, 1991; R. Boxman et al, "Handbook of Vacuum Arc Science and Technology", Noyes, 1995; e nas Patentes dos Estados Unidos 4.162.954 e 4,591.418, com as patentes sendo aqui incorporadas mediante referência.

No caso de materiais cerâmicos sinterizados, embora os grânulos individuais formando o material sinterizado

possam ter elevada dureza, a resistência à arranhadura da estrutura sinterizada global conforme medida por testes de arranhadura é muito inferior àquela do material formando os grânulos (por exemplo, alumina). Isso se deve ao fato de que os materiais tipicamente usados para sinterizar ou ligar juntos os grânulos de alumina, tipicamente silicatos, não são tão duros quanto os próprios grânulos. A dureza da camada de reforço 23 pode ser similar, ou até mesmo inferior à dureza dos grânulos individuais compreendendo o disco cerâmico, e sendo ainda mais duros do que a estrutura cerâmica sinterizada global. Descobriu-se mediante experimento, por exemplo, que a profundidade de arranhadura causada por um instrumento pontudo (raio = 100 micrômetros) deslizando sob uma carga de 30 Newtons é de aproximadamente 4-6 micrômetros em um substrato de alumina sinterizada, não-revestido enquanto que a profundidade de arranhadura em um substrato idêntico revestido com uma camada de reforço de nitreto de cromo de 3 micrômetros de espessura é de apenas 2-3 micrômetros.

A camada de reforço 23 pode ser formada mediante técnicas convencionais de deposição a vapor incluindo, mas não limitadas ao bombardeamento iônico, evaporação por arco catódico (CAE), e CVD. Os métodos mais preferidos são bombardeamento iônico, CAE, ou outro meio que possa ser realizado em temperatura relativamente baixa, desse modo minimizando as tensões termicamente induzidas na pilha de revestimento a partir do esfriamento. Se a camada de reforço 23 for depositada mediante CAE, também é desejável utilizar filtração de macropartículas para controlar e preservar a lisura da superfície do substrato 18. A camada

de reforço 23 também pode ser formada mediante outros métodos bem conhecidos para formar revestimentos duros tal como pirólise de pulverização, técnicas sol-gel, imersão em líquido com tratamento térmico subsequente, métodos de nanofabricação, métodos de deposição de camada atômica, e métodos de deposição de camada molecular.

A camada de reforço 23 pode ser formada alternativamente por um processo que produz uma camada de superfície endurecida sobre o material de base de substrato. Tais processos incluem, por exemplo, oxidação térmica, tratamento com nitreto de plasma, implante de íon, tratamentos de superfície químicos e eletroquímicos tais como revestimentos de conversão química, anodização incluindo anodização dura e tratamentos posteriores convencionais, oxidação de microarco e endurecimento de revestimento. A camada de reforço 23 também pode incluir múltiplas camadas 24 e 25, como mostrado na Figura 4, nas quais as camadas 24 e 25 formam em conjunto a camada de reforço 23. Por exemplo, a camada 24 pode ser óxido termicamente desenvolvido no material de base de substrato enquanto que a camada 25 é um material depositado tal como CrN. A camada de reforço 23 também pode incluir mais do que duas camadas, e pode compreender preferivelmente, por exemplo, um tipo de revestimento de supertreliça com um número grande de camadas alternadas muito finas. Tal forma de múltiplas camadas ou forma de supertreliça da camada de reforço 23 também pode incluir uma ou múltiplas camadas de diamante amorfo.

Na estrutura de múltiplas camadas das Figuras 1-4 a camada de diamante amorfo 30 é depositada sobre a camada de

reforço 23 para formar uma camada de superfície exterior. O propósito da camada de diamante amorfo 30 é o de prover uma superfície superior escorregadia e resistente a abrasão de desgaste, muito dura, nos componentes deslizantes. O

5 diamante amorfo é uma forma de carbono não-cristalino que é bem conhecida na técnica, e também é algumas vezes referido como carbono amorfo tetraedricamente ligado (taC). Ele pode ser caracterizado como tendo ao menos 40 por cento de ligação de carbono sp^3 , uma dureza de ao menos 45

10 gigapascals e um módulo de elasticidade de ao menos 400 gigapascals. Materiais de diamante amorfo são descritos nas Patentes dos Estados Unidos 5.799.549 e 5.992.268, ambas as quais são aqui incorporadas mediante referência. A camada de material de diamante amorfo 30 pode ser aplicada

15 mediante processos incluindo, por exemplo, evaporação por arco catódico, filtrada convencional e ablação a laser. O termo diamante amorfo como aqui usado inclui todas as formas de carbono do tipo taC e também pode conter elementos de dopagem ou ligação tal como nitrogênio e

20 metais, e também inclui materiais nano-estruturados contendo diamante amorfo. Materiais nano-estruturados quer dizer materiais tendo características estruturais na escala de nanômetros ou dezenas de nanômetros, incluindo, mas não limitados às supertreliças.

25 A espessura da camada de diamante amorfo 30 é pelo menos um valor eficaz para prover resistência aperfeiçoada ao desgaste e abrasão do componente deslizante. Essa espessura geralmente é de ao menos aproximadamente 100 nm, preferivelmente de ao menos aproximadamente 200 nm e mais

30 preferivelmente de ao menos aproximadamente 300 nm. A faixa

de espessura superior da camada 30 é determinada pelas características de material, por considerações econômicas e pela necessidade de se minimizar as tensões intrínsecas dependentes de espessura na camada 30, conforme discutido

5 abaixo. Além disso, a camada de diamante amorfo 30 exhibe vantajosamente uma topologia de superfície extremamente lisa, como pode ser visto mediante referência à foto da Figura 5, principalmente porque não há grãos individuais de diamante em um revestimento amorfo. Além disso, a

10 topografia de superfície da camada de diamante amorfo, fina, 30 essencialmente reproduz aquela da subsuperfície sobre a qual ela é depositada e, portanto, a camada de diamante amorfo 30 tem substancialmente a mesma dureza média de superfície que aquela da subsuperfície. Inclusões

15 grafíticas, visíveis como pontos de luz na Figura 5, não contribuem para a dureza de superfície, conforme o termo é aqui usado, porque elas são muito macias e são reduzidas a um pó de lubrificação quando as superfícies deslizantes são colocadas em contato. O diamante amorfo tem a vantagem

20 adicional de que ele pode ser depositado em temperaturas muito inferiores (geralmente abaixo de aproximadamente 250 °C) à do diamante policristalino, desse modo eliminando a necessidade de camadas de interface projetada, grossas reveladas na técnica anterior (vide, por exemplo, a Patente

25 dos Estados Unidos 6.165.616) para aliviar a tensão termicamente induzida na camada de diamante. Essas tensões termicamente induzidas surgem durante o esfriamento após a deposição nas temperaturas elevadas características de CVD, e se devem à diferença no coeficiente de expansão térmica

30 entre o substrato e a camada de diamante. Descobrimos que o

tipo de cálculos revelado na Patente '616 para determinar a espessura de sua camada de interface de alívio de tensão termicamente induzida não é necessário para películas de diamante amorfo devido à baixa temperatura de deposição.

5 Uma característica do diamante amorfo é que ele desenvolve elevadas tensões internas intrínsecas (não-induzidas termicamente), as quais aumentam à medida que aumenta a espessura do revestimento e as quais são predominantemente relacionadas às distorções de ligação
10 atômica e não à expansão/contração térmica. Embora essa tensão intrínseca contribua, conforme se acredita, para a elevada dureza do material, ela também limita a espessura do revestimento uma vez que as forças induzidas por tensão tendem a causar deslaminação do revestimento a partir do
15 substrato 18 (ou da camada de reforço 23) acima de certa espessura. Embora o diamante amorfo possa ser depositado diretamente sobre um disco de metal, vidro ou aluminita de ferro (opcionalmente com uma camada de adesão), é difícil depositar uma camada suficientemente grossa para prover
20 resistência adequada à arranhadura para aplicações em válvulas de água. Resistência à arranhadura é importante porque as fontes de água algumas vezes contêm contaminadores abrasivos devido a rupturas de canalização, construção, etc. A camada de reforço adicional 23 da
25 presente invenção provê melhor suporte da camada de diamante amorfo 30 do que o material de substrato mais macio, vantajosamente permitindo que uma camada mais fina de diamante amorfo seja usada, enquanto obtendo ainda resistência aperfeiçoada à abrasão e à arranhadura. A
30 camada de reforço 23 também pode ser escolhida para ser um

material que tem uma taxa superior de deposição e/ou que seja menos dispendioso em termos de deposição do que a camada de diamante amorfo 30, para minimizar o custo total do revestimento enquanto mantendo a performance. Na 5 modalidade mais preferida, um limite superior de espessura para a camada de diamante amorfo 30 de aproximadamente 1-2 micrômetros pode ser usado para evitar a deslaminção induzida por tensão, enquanto uma espessura superior de aproximadamente 800 nm, e mais preferivelmente de 10 aproximadamente 300-500 nm, pode ser desejável por razões econômicas enquanto se obtendo as características desejadas de performance.

Diamante amorfo é bem adequado para aplicações de deslizamento a úmido em aplicações de válvula de água. 15 Particularmente, ele comprovou-se ter um coeficiente de fricção muito baixo e também desgaste por abrasão extremamente baixo em testes de deslizamento com lubrificação de água nos quais ambas as superfícies de deslizamento são revestidas com diamante amorfo. Ao 20 contrário, revestimentos de DLC são conhecidos como apresentando coeficientes de fricção superiores, taxas de desgaste superiores, e se deterioram em performance de fricção com umidade crescente. Uma vantagem adicional do diamante amorfo é que a temperatura de deposição 25 relativamente baixa permite uma opção mais ampla de materiais de substrato e minimiza ou elimina a distorção termicamente induzida permanente do substrato.

Com relação ao baixo coeficiente de fricção informado para os revestimentos de diamante amorfo em 30 testes de deslizamento com lubrificação de água, considera-

se que isso pode ser devido ao menos em parte às inclusões grafíticas (comumente denominadas macropartículas) que são incorporadas nos revestimentos de diamante amorfo feitos por alguns métodos. Tais inclusões grafíticas podem ser numerosas em revestimentos de carbono depositados em evaporação por arco catódico, dependendo dos materiais alvo escolhidos e uso de meio de filtração de macropartícula conforme discutido abaixo. Essas inclusões grafíticas não degradam o desempenho do revestimento de diamante amorfo devido à maciez dos mesmos e à fração pequena da área de superfície total que elas ocupam. Mais propriamente, considera-se que elas podem aperfeiçoar a performance mediante aumento de retenção de lubrificante entre as chapas deslizantes.

É revelado na Patente dos Estados Unidos 5.401.543 (aqui incorporada mediante referência) que os revestimentos de diamante amorfo que são essencialmente livres de macropartículas podem ser depositados mediante evaporação por arco catódico a partir de um carbono vítreo ou catodo de grafite pirolítico. A densidade máxima das macropartículas (inclusões grafíticas) em tais revestimentos, conforme calculada a partir das dimensões de área das figuras fotográficas, e das contagens de macropartículas reveladas, é de aproximadamente 200 macropartículas por milímetro quadrado. Tais revestimentos de diamante amorfo livres de macropartículas podem ser usados como camada na presente invenção, mas são menos preferidos que aqueles depositados a partir de um catodo de grafite comum e contendo números substanciais de inclusões grafíticas, tal como, por exemplo, ao menos aproximadamente

500 por milímetro quadrado. Elas também são menos preferidas porque os catodos de grafite pirolítico ou de carbono vítreo são muito dispendiosos em comparação com o grafite comum.

5 O número de inclusões grafíticas 40 incorporadas nos revestimentos (vide Figura 4 mostrando as mesmas esquematicamente) depositadas mediante evaporação por arco filtrado a partir de um catodo de grafite comum pode ser controlado de acordo com a presente invenção mediante
10 escolha do modelo de filtro e dos parâmetros de operação de modo a permitir que o número desejado de macropartículas seja transmitido através da fonte. Os fatores influenciando a transmissão de macropartículas através de um filtro são discutidos, por exemplo, na Patente dos Estados Unidos
15 5.840.163, aqui incorporada mediante referência. Os modelos de filtro e os parâmetros de operação são escolhidos convencionalmente para minimizar o número de macropartículas transmitidas através da fonte, contudo essa escolha também reduz geralmente a produção (desejada) de
20 íons de carbono e, portanto, reduz a taxa de deposição. Ao contrário dessa prática comum, achamos que é preferível; com o propósito de minimização do custo de revestimento; escolher o modelo de filtro, e os parâmetros de operação, de forma a maximizar a produção de íons de carbono, da
25 fonte (isto é, a taxa de deposição) sem exceder o número máximo, tolerável, das inclusões grafíticas incorporadas ao revestimento. O número máximo tolerável de inclusões é aquele número acima do qual a performance das partes revestidas se deteriora inaceitavelmente devido à fração
30 crescente da área de superfície ocupada pelas inclusões.

Fatores de desempenho, cruciais podem incluir não-vazamento do fluido de trabalho, coeficiente de fricção de deslizamento, resistência à abrasão e à arranhadura, e durabilidade de desgaste. Descobrimos que densidades de superfície de inclusão grafítica substancialmente superiores a 500/mm² são toleráveis, e podem ser benéficas conforme descrito acima.

A adesão da camada de diamante amorfo 30 a uma forma de nitreto da camada de reforço 23 pode em alguns casos ser aperfeiçoada pela introdução de um gás contendo carbono, tal como metano, durante um curto período no fim da deposição da camada de reforço 23. Isso resulta em uma zona de transição fina de material de carbo-nitreto e/ou carboneto entre a camada de resistência 23 e a camada de diamante amorfo 30. Em outros casos a adesão pode ser aperfeiçoada mediante desligamento de todos os gases reativos durante um curto período no fim da deposição da camada de reforço 23. Isso resulta em uma camada fina de metal entre a camada de reforço 23 e a camada de diamante amorfo 30. Também se observou que a introdução de metano durante a deposição por arco filtrado da camada de diamante amorfo 30 aumenta a taxa de deposição de revestimento, e também pode melhorar a dureza de revestimento e a resistência à arranhadura. Em ainda outros casos, por exemplo, o caso no qual a camada de diamante amorfo 30 deve ser depositada sobre uma superfície de metal termicamente oxidada, pode ser desejável depositar a camada promotora de adesão separada 21 entre a camada de reforço 23 e a camada de diamante amorfo 30. Materiais adequados para a camada de adesão 21 podem incluir, por exemplo, metais de formação de

carboneto refratário, tal como, Ti e W, e vários metais de transição tal como Cr, e também podem incluir carbonetos de tais metais.

De acordo com uma modalidade exemplar, a camada de diamante amorfo provê uma resistência física vantajosa ao desgaste de deslizamento e à ação abrasiva das partículas na água. Adicionalmente, o próprio material de diamante amorfo é quimicamente inerte no sentido de constituintes comuns de fonte de água (por exemplo, íons tais como cloreto e fluoreto, oxidantes como hipocloreto, etc.) em concentrações que podem estar presentes em fontes de água municipais.

O substrato também pode ser formado de um material que resiste à corrosão a partir desses constituintes de fonte de água. De acordo com uma modalidade exemplar, materiais como cerâmica (por exemplo, alumina); metais (por exemplo, Zr e Ti); e ligas (por exemplo, aço inoxidável), podem ser usados como substrato. De acordo com uma modalidade exemplar particular, o substrato pode ser formado de um material cerâmico baseado em alumina com quantidades variadas de zircônia e sílica para prover sensibilidade reduzida ao fluoreto para o substrato.

Para adicionalmente resistir à corrosão a partir dos constituintes comuns de fonte de água, a camada de reforço pode ser formada de um material que forma materiais de carbono duro (por exemplo, material de carboneto). Por exemplo, a camada de reforço pode ser carbono ou um carboneto de qualquer um dos seguintes materiais de acordo com as várias modalidades exemplares: Cr, Hf, La, Mn, Mo, Nb, Ti, Sc, Si, Ta, W, Zr. Por exemplo, carbonos ou

carbonetos de Hf, La, Nb, Ti, Sc, Si, Ta, W e Zr podem proporcionar resistência à corrosão otimizada em relação aos agentes de oxidação como hipoclorito. Carbono ou carbonetos de Cr, Mn, Mo, Nb, Ta, e W podem proporcionar 5 resistência à corrosão otimizada em relação aos fluoretos. Carbono ou carbonetos de Nb, Ta, e W podem proporcionar resistência à corrosão total em relação aos reagentes de oxidação como hipoclorito e agentes de corrosão comuns como cloro e fluoreto. De acordo com modalidades exemplares 10 específicas, a camada de reforço pode utilizar carbono e/ou um carboneto de Nb.

Para que a invenção possa ser mais facilmente entendida são providos os seguintes exemplos. Os exemplos são ilustrativos e não limitam a invenção às 15 características específicas descritas.

EXEMPLO 1

Discos de válvula de aço inoxidável limpos são colocados em uma câmara de deposição a vácuo incorporando um catodo de evaporação por arco e um catodo de 20 bombardeamento iônico. A fonte de arco é montada com meio de filtração para reduzir a incorporação de macropartículas no revestimento, conforme descrito, por exemplo, nas Patentes dos Estados Unidos 5.480.527 e 5.840.163, incorporadas aqui mediante referência. Fontes de argônio e 25 nitrogênio são conectadas à câmara através de uma tubulação com válvulas ajustáveis para controlar a taxa de fluxo de cada gás para dentro da câmara. O catodo de bombardeamento iônico é conectado à saída negativa de uma fonte de energia CD. O lado positivo da fonte de energia é conectado à 30 parede da câmara. O material de catodo é cromo. Os discos

de válvula são dispostos na frente do catodo, e podem ser girados ou de outro modo movidos durante deposição para garantir espessura de revestimento uniforme. Os discos são eletricamente isolados da câmara e são conectados através de sua prateleira de montagem à saída negativa de uma fonte de energia de modo que uma voltagem de polarização pode ser aplicada aos substratos durante o revestimento.

Antes da deposição a câmara a vácuo é evacuada até uma pressão de $2,66 \times 10^{-3}$ Pa ou menos. Gás argônio é então introduzido em uma taxa suficiente para manter uma pressão de aproximadamente 3,33 Pa. Os discos de válvula são então submetidos a uma limpeza por descarga de plasma incandescente na qual uma voltagem de polarização negativa de aproximadamente 500 volts é aplicada à prateleira e discos de válvula. A duração da limpeza é de aproximadamente 5 minutos.

Uma camada de cromo tendo uma espessura de aproximadamente 20 nm é então depositada sobre os discos de válvula mediante bombardeamento iônico. Após a camada de adesão de cromo ser depositada, uma camada de reforço de nitreto de cromo tendo uma espessura de aproximadamente 3 micrômetros é depositada mediante bombardeamento iônico reativo.

Após a camada de nitreto de cromo ser depositada, os discos de válvula são dispostos voltados para a fonte de arco, e uma camada de diamante amorfo superior tendo uma espessura de aproximadamente 300 nm é depositada mediante aplicação de um arco sobre o eletrodo de carbono e expondo os substratos ao plasma de carbono saindo da saída de fonte. Uma polarização CD negativa de aproximadamente 500

volts é inicialmente aplicada aos substratos para prover bombardeio de íons de elevada energia para limpeza de superfície e aperfeiçoamento de ligação. Após aproximadamente 5 minutos em alta voltagem de polarização, a voltagem de polarização é reduzida a aproximadamente 500 volts para o restante do processo de deposição. Uma pressão de argônio de aproximadamente $6,66 \times 10^{-2}$ é mantida na câmara durante a deposição. Voltagens de polarização CA ou pulsadas podem ser empregadas alternativamente, e um argônio superior ou inferior também pode ser mantido para estabilizar a operação da fonte de arco e otimizar as propriedades de revestimento.

Descobriu-se mediante experimento que os discos de válvula feitos de aço inoxidável e revestidos de acordo com o exemplo acima foram capazes de resistir a mais do que 15.000 ciclos de teste em água circulante transportando areia de sílica de 20 micrômetros, enquanto que os discos de válvula de alumina não-revestidos, padrão falharam sob as mesmas condições em menos do que 2.500 ciclos.

20

EXEMPLO 2

Discos de válvula de zircônio, limpos são colocados em um forno a ar, aquecido até uma temperatura de 560°C , mantidos nessa temperatura por aproximadamente 6 horas, e esfriados. Uma camada de reforço de óxido de zircônio é assim formada na superfície do substrato, tendo uma espessura de 5-10 micrômetros. Os discos são então colocados em uma câmara de deposição a vácuo incorporando um catodo de evaporação por arco, filtrado e um catodo de bombardeamento iônico. Uma camada de adesão de cromo tendo uma espessura de aproximadamente 20 nm é depositada sobre

30

os discos de válvula mediante bombardeamento iônico como descrito no Exemplo 1. Após a camada de adesão de cromo ser depositada, uma camada de diamante amorfo é depositada, conforme descrito no Exemplo 1.

5 Os discos de válvula feitos de zircônio e tratados conforme descritos para formar uma estrutura de múltiplas camadas em suas superfícies foram testados em termos de resistência à arranhadura, utilizando um aparelho de teste de arranhadura com carga variável. As profundidades dos
10 arranhões gerados nos discos de Zr tratados através de uma ponta de instrumento pontudo tendo um raio de 100 micrômetros sob uma carga de 3 Newtons foram de aproximadamente 4,7 micrômetros de profundidade, embora aquelas nos discos de Zr não-tratados foram de
15 aproximadamente 9,5 micrômetros, ou mais do que o dobro em profundidade. A performance do teste de arranhadura acredita-se ser um meio de predição relevante de resistência à abrasão e arranhadura nas aplicações de campo.

20

EXEMPLO 3

Discos de válvula de vidro moldado, limpos são colocados em uma câmara de deposição a vácuo incorporando uma fonte de ablação a laser, uma fonte PECVD, e um catodo de bombardeamento iônico. Os discos de válvula são
25 submetidos a uma limpeza mediante descarga de plasma de RF (radiofrequência) mediante meio conhecido. Uma camada de adesão de titânio tendo uma espessura de aproximadamente 20 nm é então depositada sobre os discos de válvula mediante bombardeamento iônico. Uma camada de reforço de DLC tendo
30 espessura de aproximadamente 3 micrômetros é então

depositada em cima da camada de adesão mediante PECVD utilizando parâmetros de deposição, conhecidos. A camada de diamante amorfo tendo espessura de aproximadamente 300 nm é então depositada em cima da camada de DLC mediante ablação a laser utilizando parâmetros típicos de deposição.

EXEMPLO 4

Discos de válvula de aço inoxidável, limpos foram colocados em uma câmara de vácuo contendo fonte de evaporação por arco filtrado e um catodo de bombardeamento iônico. A câmara é evacuada, gás nitrogênio é introduzido, uma descarga de plasma é estabelecida entre os discos e as paredes da câmara, e a superfície do disco é tratada com nitreto-plasma de acordo com parâmetros conhecidos. O nitrogênio se difunde para dentro dos substratos de aço inoxidável para formar uma camada de superfície mais dura do que o substrato total, e o processo é continuado por um período de tempo suficiente para que a profundidade da camada atinja aproximadamente 2 micrômetros. Uma supertreliça consistindo em múltiplas camadas alternadas de nitreto de carbono e nitreto de zinco é então depositada sobre a superfície de aço inoxidável tratada com nitreto mediante evaporação por arco filtrado e bombardeamento iônico, respectivamente. As camadas individuais alternadas são de aproximadamente 10 nm de espessura, e aproximadamente 100 camadas de cada material são depositadas para uma espessura de supertreliça total de aproximadamente 2 micrômetros. A proporção de nitrogênio para carbono nas camadas de nitreto de carbono preferivelmente é de aproximadamente 1,3, uma vez que as supertreliças de nitreto de carbono + nitreto de zircônio

tendo essa proporção de N:C mostrou ter principalmente carbono ligado- sp^3 e dureza na faixa de 50 gigapascals. Nitreto de carbono como aqui usado se refere a um material tendo uma proporção de N:C entre aproximadamente 0,1 e 1,5.

5 Muitas camadas finas podem ser depositadas mediante montagem do substrato em um cilindro giratório de tal modo que os substratos passam primeiramente na frente de uma fonte de deposição e então na outra, de tal modo que um par de camadas é depositado durante cada giro do cilindro. A
10 espessura da camada de reforço total é de aproximadamente 4 micrômetros incluindo a camada de aço inoxidável tratada com plasma-nitreto. Uma camada de diamante amorfo tendo a espessura de aproximadamente 200 nm é então depositada no topo da camada de supertreliça mediante evaporação por arco
15 filtrado conforme descrito no Exemplo 1.

Aqueles analisando a presente revelação considerarão que várias combinações podem ser possíveis dentro do escopo da presente invenção. Por exemplo, de acordo com uma modalidade exemplar, uma chapa de válvula, que é formada de
20 alumina ou de outro material adequado, pode ser revestida com uma primeira camada de cromo, e com uma segunda camada de nitreto de cromo, após o que uma camada de diamante amorfo pode ser aplicada sobre ela. De acordo com outra modalidade exemplar, uma chapa de válvula que é formada de
25 alumina ou outro material adequado pode ter uma primeira camada de tântalo provida sobre a mesma, após o que uma camada de carboneto de tântalo ou carbo-nitreto de tântalo pode ser provida antes a aplicação de uma camada de diamante amorfo. De acordo ainda com outra modalidade
30 exemplar, uma chapa de válvula que é formada de alumina ou

outro material adequado pode ter uma primeira camada de nióbio provida na mesma, após o que pode ser provida uma camada de nitreto de nióbio, carboneto de nióbio ou carbonitreto de nióbio antes de se aplicar uma camada de diamante amorfo.

A construção e o arranjo dos elementos mostrados nas modalidades preferidas e em outras modalidades exemplares são apenas ilustrativos. Embora apenas umas poucas modalidades tenham sido descritas em detalhe nessa revelação, aqueles versados na técnica que analisarem essa revelação prontamente considerarão que muitas modificações são possíveis (por exemplo, variações em tamanhos, dimensões, estruturas, formatos e proporções dos vários elementos, valores de parâmetros, uso de materiais, etc.) sem materialmente se afastar dos ensinamentos novéis e vantagens da matéria em estudo aqui apresentada. Por exemplo, uma torneira pode incluir um revestimento de diamante amorfo em apenas um ou em ambos os discos incluídos no conjunto. A ordem ou sequência de qualquer processo ou etapas de método pode ser variada ou resequenciada de acordo com modalidades alternativas. Outras substituições, modificações, alterações e omissões podem ser feitas no modelo, condições de operação e arranjo das modalidades preferidas e outras modalidades exemplares sem se afastar do escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Chapa de válvula para uma torneira caracterizada por compreender:

um substrato (18) compreendendo um material de base;

5 uma camada de reforço (23) provida acima do substrato, a camada de reforço (23) compreendendo ao menos um entre tântalo e nióbio; e

10 uma camada (30) de material de diamante amorfo, provida acima da camada de reforço (23), o material de diamante amorfo tendo um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante ao diamante e tem uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao diamante.

2. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 15 1, caracterizada pelo fato de que a camada de reforço (23) compreende ao menos um de nitreto de tântalo e nitreto de nióbio.

3. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a camada de reforço (23) 20 compreende ao menos um de carboneto de tântalo e carbonitreto de tântalo.

4. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a camada de reforço (23) 25 compreende ao menos um de carboneto de nióbio e carbonitreto de nióbio.

5. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a camada de reforço (23) tem uma dureza que é superior à dureza do material de base.

6. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 30 1, caracterizada pelo fato de que a camada de material de

diamante amorfo tem ligação sp^3 de ao menos aproximadamente 40%, uma dureza de ao menos aproximadamente 45 GPa, e um módulo de elasticidade superior a aproximadamente 400 GPa.

7. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o material de base compreende um material selecionado do grupo consistindo em aço inoxidável, alumínio, latão, titânio, zircônio, um vidro, um cermet, um material contendo vidro, um material polimérico, e um material composto.

10 8. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o material de diamante amorfo consiste essencialmente em carbono.

9. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que o material de diamante amorfo tem uma espessura inferior a aproximadamente 10 micrômetros.

10. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por compreender ainda uma camada (21) de material promotor de adesão provido entre a camada de reforço (23) e a camada (30) do material de diamante amorfo que compreende ao menos um material selecionado do grupo consistindo em cromo, titânio, tungstênio, e silício.

11. Chapa de válvula, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que a chapa de válvula é provida na forma de um disco.

12. Torneira caracterizada por compreender ao menos uma chapa de válvula de qualquer uma das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13.

13. Torneira, de acordo com a reivindicação 12, caracterizada pelo fato de que a torneira compreende uma

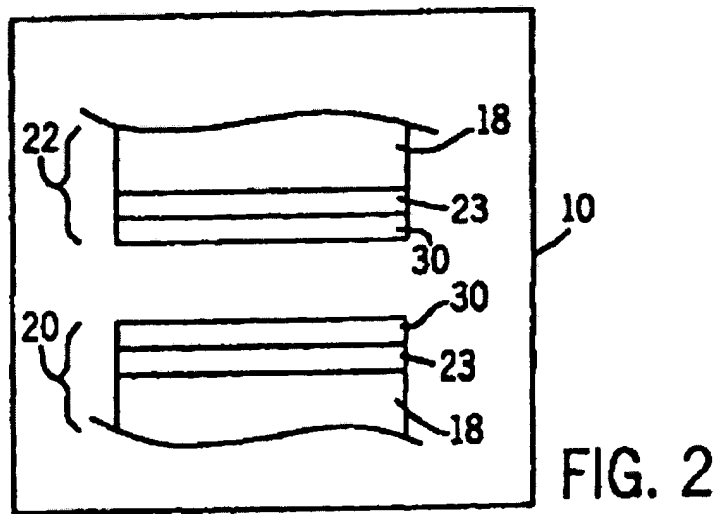
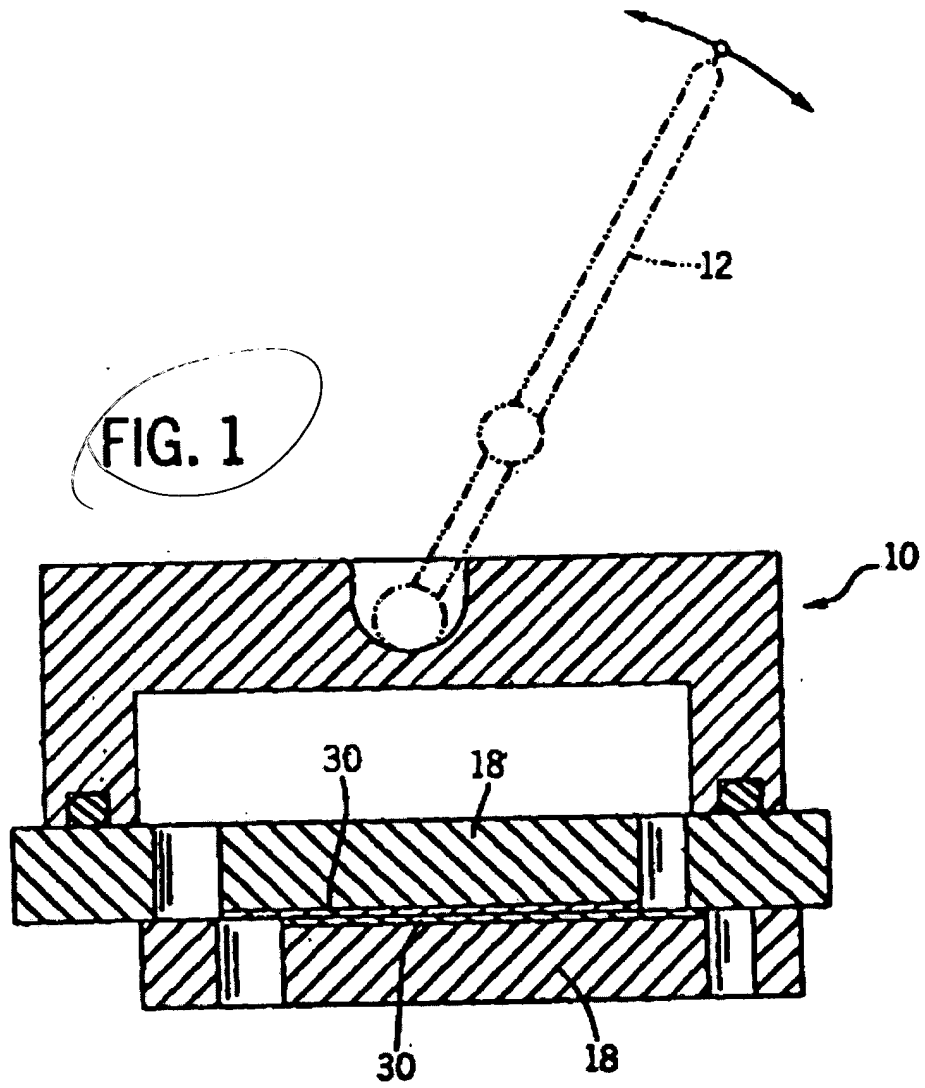
primeira chapa de válvula em contato com uma segunda chapa de válvula, em que a primeira chapa de válvula e a segunda chapa de válvula têm uma construção como mostrada em qualquer das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13.

14. Método de produzir uma chapa de válvula de qualquer das reivindicações 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ou 13, o método caracterizado por compreender:

depositar uma camada de reforço (23) sobre o substrato (18) utilizando uma técnica de deposição a vapor; e

depositar a camada (30) de material de diamante amorfo sobre a camada de reforço (23) utilizando um processo de ablação a laser ou de evaporação por arco catódico filtrado.

15. Método, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de que a camada (30) de material de diamante amorfo é depositada utilizando um processo de evaporação por arco catódico filtrado.



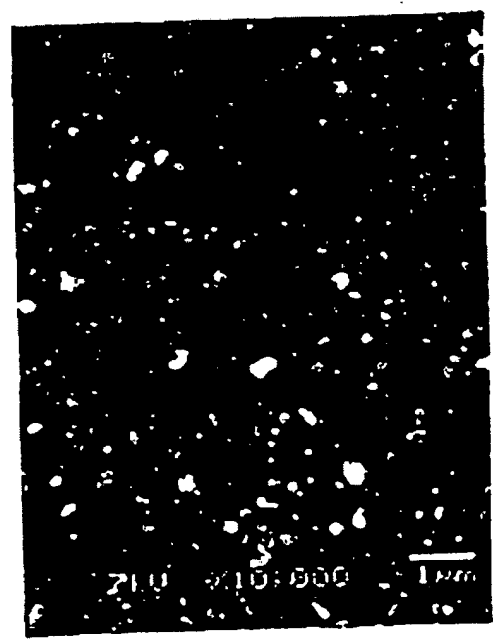
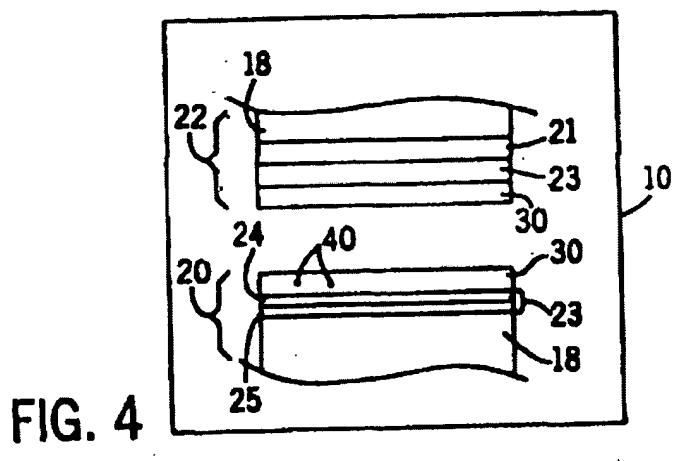
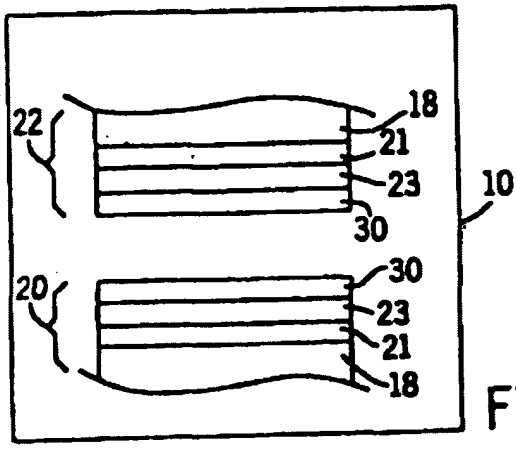


FIG. 5

RESUMO**TORNEIRA**

Uma torneira inclui uma primeira chapa de válvula compreendendo um material de base e uma camada de reforço
5 provida acima do material de base. Um material de diamante amorfo é provido acima da camada de reforço. O material de diamante amorfo tem um coeficiente de fricção que é inferior àquele do carbono semelhante a diamante e tem uma dureza que é superior àquela do carbono semelhante ao
10 diamante.