

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

306 745

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2016-61**
(22) Přihlášeno: **05.02.2016**
(40) Zveřejněno: **07.06.2017**
(Věstník č. 23/2017)
(47) Uděleno: **26.04.2017**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **07.06.2017**
(Věstník č. 23/2017)

C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/14 (2006.01)
C23C 14/22 (2006.01)
C23C 14/32 (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01)
H01J 37/34 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
(Nano-multilayered CrN/BCN coating for anti-wear and low friction applications;
K. Yamamoto, H. Ito, S. Kujime; Surface & Coatings Technology, Vol. 201, No. 9-11, ISSN: 0257-8972) 01.06.2015
EP 2653583 A1; DE 4407274 C1; EP 3018233 A1; CZ 304905 B6; EP 2123789 A1; CZ 293777 B6.

(73) Majitel patentu:
SHM, s. r. o., Šumperk, CZ

(72) Původce:
Mojmír Jílek, Šumperk, CZ

(74) Zástupce:
Rott, Růžička & Guttmann
Patentové, známkové a advokátní kanceláře, Ing.
Jiří Andera, Vinohradská 37, 120 00 Praha 2

(54) Název vynálezu:
Způsob nanášení otěruvzdorných vrstev na bázi bóru a otěruvzdorná vrstva

(57) Anotace:
Způsob nanášení otěruvzdorných vrstev na bázi bóru na substráty metodou PVD, přičemž nanášení probíhá ve vakuové komoře současně z nejméně dvou katod, z nichž jedna pracuje v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování. Vrstvy jsou vybrány ze skupiny tvořené multivrstvami TiN/BN, CrN/BN, TiCrN/BN, AlTiN/BN, AlCrN/BN, AlTiCrN/BN a nanášení se provádí v atmosféře s obsahem dusíku, jehož parciální tlak je 0,1 až 10 Pa. Alespoň jedna katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, obsahuje přechodový kov ze skupiny IVB až VIB periodické tabulky nebo hliník (Al) a alespoň jedna další katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, obsahuje nejméně 50 % at. bóru (B), kde do tohoto obsahu se nezapočítává dusík (N) obsažený v katodě.

CZ 306745 B6

Způsob nanášení ořezavzdorných vrstev na bázi bóru a ořezavzdorná vrstva

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu nanášení ořezavzdorných vrstev na bázi bóru na substráty metodou PVD, přičemž nanášení probíhá ve vakuové komoře současně z nejméně dvou katod, z nichž jedna pracuje v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování. A dále se vynález týká takové ořezavzdorné vrstvy.

Dosavadní stav techniky

Pro nanášení ořezavzdorných se vedle CVD metod (chemical vapour deposition) využívají zejména metody fyzikální depozice z plynné fáze, označované zkratkou PVD (Physical Vapor Deposition), které zahrnují vakuové naparování, magnetronové naprašování (nereaktivní nebo reaktivní).

Nanášení ořezavzdorných vrstev metodou PVD probíhá ve vakuové komoře. Před samotným nanášením vrstev se v komoře sníží tlak, komora se v závislosti na materiálu nástrojů vyhřeje na příslušnou teplotu, nanese se adhezní vrstva a potom se nanáší ořezavzdorná vrstva.

Nejvýkonnější materiál v oblasti řezných aplikací je jednoznačně kubický nitrid bóru, který se připravuje podobně jako diamant vysokotlakou syntézou. Tento materiál má nejen extrémně vysokou tvrdost, ale na rozdíl od diamantu je vhodný pro obrábění železa a jeho slitin, což tvoří více než 90 % řezných aplikací.

Vzhledem k vysoké ceně řezných nástrojů na bázi kubického nitridu bóru vyráběných vysokotlakou syntézou je snaha připravit tento materiál podobně ve formě povlaku. Vrstvy na bázi kubického nitridu bóru jsou již více než 20 let ve fázi vývoje. Přestože jsou popsány laboratorní metody přípravy těchto materiálů ve formě povlaků (například US 005723188 A "Proces for Producing Layers of Cubic Boron Nitride"), k jejich většímu rozšíření do praxe zatím nedošlo.

Alternativní cestou přípravy vrstev podobných vlastností jsou multivrstvy a nanokompozitní vrstvy typu TiN/BN s vyšším obsahem B, kde B je vázán především na N. Titan může být obecně ve vrstvě nahrazen přechodovým kovem (Ti, Cr, V, Zr, ...), případně s přídavkem Al či Si. Příprava těchto typů povlaků je technologicky jednodušší, navíc mohou alternativně sloužit jako přechodová vrstva pro přípravu vrstev čistého nitridu bóru.

Existuje technologie přípravy podobných typů vrstev pomocí magnetronového naprašování (viz například: Surface and Coating Technology, 86–87 (1996) 231–236; Tribological behaviour of homogeneous Ti–B–N, Ti–B–N–C and TiN/h–BN/TiB₂ multilayer coatings; T.P. Mollart, J. Haupt, R. Gilmore, W. Gissler; Institutefor Advanced Materials, Joint Research Centre of the Commission; nebo Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Vol. 52, Nos. 1–2, May, 2013 (Russian Original Vol. 52, Nos. 1–2, Jan.–Feb., 2013); STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF TIN/BCN COATINGS; P. L. Skriskii, A. I. Kuzmichev, V. I. Ivashchenko, L. A. Ivashchenko, I. I. Timofeeva, O. O. Butenko, O. Yu. Khizhun, T. V. Tomila, and S. N. Dub). Tyto vrstvy se připravují při nízkém parciálním tlaku dusíku s vysokou tvrdostí ve formě povlaku typu TiBN, kde B je vázaný především na Ti, nikoli na N. Tyto vrstvy se vyznačují nízkou chemickou stabilitou. Pokud se v procesu zvýší parciální tlak reakční atmosféry dusíku, dojde k dekompozici systému na TiN a BN – tedy ke tvorbě vrstvy typu TiN/BN. U magnetronového naprašování dochází v tomto případě bez výjimky k výraznému snížení tvrdosti. Vrstva TiN vyžaduje u této technologie pro kvalitní růst nízký přesně definovaný parciální tlak dusíku. Se zvýšením tlaku se zhorší kvalita vrstvy TiN (sníží se její vnitřní stres a tvrdost). Za vyššího tlaku nelze tedy pomocí magnetronu vytvořit vrstvu TiN/BN s vyšším vnitřním stresem, který je

nezbytný pro růst BN ve tvrdé kubické fázi (viz například Thin Solid Films 518 (2009) 1443–1450; Cubic boron nitride based metastable coatings and nanocomposites; Sven Ulrich, Jian Ye, Michael Stüber, Carlos Ziebert). Pomocí magnetronového naprašování nelze tedy připravit vrstvu typu TiN/BN s vyšší tvrdostí.

5

Podobně je jako v případě magnetronového naprašování jsou na tom vrstvy vytvářené odpařováním pomocí elektronového svazku, tzv. e-beam (viz například Surface and Coating Technology, 54/55 (1992) 255–256; Ti–B–N coatings deposited by magnetron are evaporation; M. Tamura and H. Kubo; Advanced Materials and Tech. Res. Labs. Nippon Steel Corporation, 1618 Ida. Nakahara-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 211; Japan).

10

Existují způsoby přípravy metodou PACVD (viz například Surface and Coatings Technology 163–164; 2003; 149–156; Superhard nc–TiN_y–BN and nc–TiN_y–TiB_x–BN coatings prepared by plasma CVD and PVD: a comparative study of their properties; P. Karvankova, M.G.J. Vepek–Heijman, O. Zindulka, A. Bergmaier, S. Vepek), kde zdroj bóru je plyn. Způsoby přípravy vrstev pomocí metody PACVD jsou obecně technologicky náročnější a ve všech uvedených případech se jedná o vrstvy připravené na laboratorních zařízeních. Nedošlo k rozšíření přípravy těchto vrstev do praxe ani touto metodou.

15

20

Existují metody přípravy těchto typů vrstev pomocí nízkonapětového oblouku (viz například: Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials 28; 2010; 23–31; Wear-resistant Ti–B–N nanocomposite coatings synthesized by reactive cathodic arc evaporation; Jörg Neidhardt, Zsolt Czigány, Bernhard Sartory, Richard Tessadri, Christian Mißterer). Výhoda nízkonapětového oblouku spočívá v tom, že touto metodou lze připravit kvalitní vrstvu v širokém rozmezí parciálního tlaku dusíku. Nevýhoda této metody spočívá v tom, že materiály s vyšším obsahem bóru jsou křehké a v místě hoření oblouku se vlivem tepelného stresu trhají a na povrch vzorků se dostávají velké kusy materiálu (až 100 µm), které se zabudovávají do povlaku. Některé materiály, jako např. B₄C, se obloukem prakticky odpařovat nedají (kusy jsou až 1 mm veliké). Důsledkem je vysoká drsnost povlaku. Tvrdosti vrstev typu TiN/BN připravené touto metodou jsou vyšší, než je tomu v případě depozice pomocí magnetronového naprašování, ale stále pod hodnotou, které jsme dosáhli naší metodou.

25

30

35

Z českého patentu CZ 304 905 je znám způsob nanášení otěruvzdorných vrstev metodou PVD, kdy se vrstva nanáší současně z alespoň dvou katod, z nichž jedna pracuje v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování. Řízení procesních parametrů v tomto případě bylo prováděno standardním způsobem pro magnetronové naprašování, kdy je potřeba zabránit tzv. otrávení povrchu magnetronového targetu dusíkem – tedy za velmi nízkých parciálních tlaků dusíku. Patent je zaměřený na přípravu klasických typů povlaků jako TiAlN, TiN apod. a neřeší přípravu vrstev s obsahem bóru. Popsané řešení nelze jednoduše aplikovat při nanášení vrstev s obsahem bóru, kde je bór vázán přednostně na dusík.

40

45

50

V publikaci "Wear 265 (2008) 741–755; Deposition and characterization of hybrid filtered arc/magnetron multilayer nanocomposite cermet coatings for advanced tribological applications; V. I. Gorokovsky, C. Bowman, P. E. Gannon, D. Van Vorous, A. A. Voevodin, C. Muratore, Z. S. Kang, J. J. Hu" je popsána metoda přípravy kombinovaným nanášením pomocí filtrovaného nízkonapětového oblouku a magnetronu. V tomto případě byla vrstva typu TiBN připravována pouze jako přechodová vrstva bez optimalizace parametrů s ohledem na složení vrstvy a její tvrdost. Metoda filtrovaného nízkonapětového oblouku má nevýhodu v tom, že pro její optimální účinnost je vyžadován co nejnižší celkový tlak, a tedy i parciální tlak dusíku. V důsledku nižšího parciálního tlaku dusíku nedochází ke tvorbě vrstvy typu TiN/BN/ s přímými vazbami mezi bórem a dusíkem. Další nevýhoda této technologie je výrazně nižší rychlost růstu.

Úkolem vynálezu je modifikovat známé způsoby nanášení otěruvzdorných vrstev metodou PVD tak, aby jej bylo možné použít při nanášení vrstev na bázi bóru.

55

Podstata vynálezu

5 Nedostatky stavu techniky odstraňuje způsob nanášení otěruvzdorných vrstev na bázi bóru na substráty metodou PVD, přičemž nanášení probíhá ve vakuové komoře současně z nejméně dvou katod, z nichž jedna pracuje v režimu 30 nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování, podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že vrstvy jsou vybrány ze skupiny tvořené multivrstvami TiN/BN, CrN/BN, TiCrN/BN, AlTiN/BN, AlCrN/BN, AlTiCrN/BN a nanášení se provádí v atmosféře s obsahem dusíku, jehož parciální tlak je 0,1 až 10 Pa, a alespoň jedna katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, obsahuje přechodový kov ze skupiny IVB–VIB periodické tabulky nebo hliník (Al) a alespoň jedna další katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, obsahuje nejméně 50 % at. bóru (B), kde do tohoto obsahu se nezapočítává dusík (N) obsažený v katodě.

15 Podle výhodného provedení je parciální tlak 0,2 až 2 Pa.

Výhodou způsobu podle vynálezu je, že lze připravovat tvrdé vrstvy typu TiN/BN, kde B je vázán především na dusík. Vrstvy připravené tímto způsobem mají vysokou tvrdost v širokém pásmu obsahu B od 5 do 20 % at.

20 Výhodou způsobu podle vynálezu je, že během jednoho procesu je možné připravovat vrstvy s různou stechiometrií (s různým obsahem B).

Výhodou způsobu podle vynálezu je, že umožňuje vrstvy nanášet na provozním zařízení.

25 Podle výhodného provedení je katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, a/nebo katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, cylindrická rotační katoda.

30 Podle dalšího výhodného provedení je katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, tvořena materiálem obsahujícím nejméně 50 % at. titanu (Ti), s výhodou nejméně 80 % at. titanu (Ti).

Podle dalšího výhodného provedení je katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, tvořena materiálem obsahujícím nejméně 63 % at. karbidu bóru (B₄C).

35 Podle ještě dalšího výhodného provedení je katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, tvořena materiálem obsahujícím nejméně 75 % at. boridu titanu (TiB₂).

40 Nedostatky stavu techniky odstraňuje také otěruvzdorná vrstva na bázi bóru, zhotovená způsobem podle vynálezu.

45 Podle výhodného provedení alespoň jedna část otěruvzdorné vrstvy obsahuje přechodový kov ze skupiny IVB až VIB nebo hliník nebo jejich kombinaci, dále pak dusík a bor, přičemž obsah boru je 3 až 30 at. % a bor je vázán alespoň z 50 % na dusík. Zbylý bor ve vrstvě je vázán jakkoli, to znamená, že může být vázán také na dusík, sám na sebe nebo na jakýkoli jiný prvek. Jde o to, že alespoň v části vrstvy je většina boru vázána na dusík. V případě kombinace s titanem se např. zbylý bor může vázat na bor nebo na titan.

50 Podle dalšího výhodného provedení je část otěruvzdorné vrstvy tvořena multivrstevnou strukturou s periodou menší než 20 nm, s výhodou menší než 5 nm.

Podle dalšího výhodného provedení je multivrstevná struktura tvořena střídáním dvou typů vrstev, přičemž jeden typ je tvořen vrstvou složenou převážně z BN a druhý typ je tvořen převážně nitridem kovů ze skupiny IVB až VIB nebo hliníku nebo jejich kombinace.

55

Je výhodné, když je uvedeným nitridem kovů TiN.

Podle dalšího výhodného provedení má uvedená část vrstvy mikrotvrdost podle Vickerse v rozsahu 40 až 60 GPa.

5

Příklady uskutečnění vynálezu

10 Způsob nanášení otěruvzdorných vrstev na bázi bóru na substráty metodou PVD, probíhá ve vakuové komoře současně z nejméně dvou cylindrických rotačních 30 katod, z nichž jedna pracuje v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování.

15 Materiál z kovových katod je nanášen na substráty (například nástroje) v dusíkové atmosféře.

15

Substráty v komoře vykonávají rotační pohyb pro dosažení rovnoměrného nanesení vrstvy.

20 Jako katody se u popisovaných příkladů provedení používají tři rotující válcové katody, umístěné ve dveřích vakuové komory a jedna centrální rotující válcová katoda, umístěná ve středu komory. Schéma takového zařízení je znázorněno například v CZ 304 905.

20

Před vlastním nanášením povlaku proběhne obecně známá procedura:

- naložení substrátů do komory
- 25 – evakuace komory,
- ohřev substrátů v komoře na 500 °C,
- po dosažení vhodné teploty a tlaku iontové čištění substrátů.

25

30 Po ukončení iontového čištění následuje nanášení vlastní otěruvzdorné vrstvy. Nanášení se provádí v atmosféře s obsahem dusíku, jehož parciální tlak je nejméně 0,1 Pa.

30

35 V blízkosti Ti, resp. Cr, resp. TiAl katod se nanáší obloukem vrstva TiN, resp. CrN, resp. TiAlN a v blízkosti B₄C katody se nanáší magnetronem vrstva BN (s malým obsahem C). Vytvářené vrstvy jsou díky rotaci vzorků tvořeny multivrstevným systémem TiN–BN, resp. CrN–BN. Rychlost rotace vzorků byla nastavena tak, aby výsledná perioda vrstvy byla menší než 5 nm.

35

Příklad 1: Vrstva TiN–TiBN–BN

40 Zdroj pro nanášení vrstvy nízkonapětovým obloukem je osazený katodou Ti.

40

Zdroj pro nanášení vrstvy magnetronovým naprašováním je osazený katodou B₄C.

Krok 1: nanášení 1 μm monovrstvy TiN ze zdroje nízkonapětového oblouku

45

Parametry kroku:

- proud do oblouku 150 A,
- tlak dusíku 2 Pa,
- 50 – předpětí na vzorcích 50 V,
- doba nanášení 2 h.

Krok 2: Nanášení 0,5 μ m gradientní vrstvy TiN $\rightarrow$ TiN/BN současným nanášením ze zdroje nízkonapětového oblouku a ze zdroje magnetronového naprašování

- 5 Parametry gradientního kroku:
- proudu do oblouku 150 A,
 - výkon magnetronu plynule roste z 0 na 5 kW,
 - tlak dusíku 1 Pa,
 - 10 – předpětí na vzorcích 100 V,
 - doba nanášení 30 min.

Krok 3: Nanášení 1 μ m multivrstvy TiN/BN

- 15 – udržují se parametry procesu konstantní a stejné jako na konci kroku 2 po dobu 45 min.

Krok 4: Nanášení 0,5 μ m gradientní multivrstvy TiN/BN $\rightarrow$ BN

- 20 – Po dobu 30 min ve čtvrtém kroku se snižuje proud do oblouku na hodnotu 50 A a postupně zvedá výkon zdroje magnetronového naprašování na hodnotu 10 kW, současně se zvedá napětí na hodnotu 40 V, tlak se snižuje na 0,5 Pa.

Krok 5: Nanášení 1 μ m monovrstvy BN

- 25 – vypne se zdroj nízkonapětového oblouku, nanášení probíhá pouze ze zdroje magnetronového naprašování,
- výkon magnetronu 10 kW,
 - tlak dusíku 0,5 Pa,
 - předpětí na vzorcích 400 V,
 - 30 – doba nanášení 1 h.

Příklad 2: Vrstva TiAlN–TiBN

- 35 Jeden zdroj pro nanášení vrstvy nízkonapětovým obloukem je osazený katodou Ti.

Druhý zdroj pro nanášení vrstvy nízkonapětovým obloukem je osazený katodou TiAl.

- 40 Zdroj pro nanášení vrstvy magnetronovým naprašováním je osazený katodou B₄C.

Krok 1: Nanášení 1 μ m monovrstvy TiAlN ze zdroje nízkonapětového oblouku z katody TiAl

Parametry kroku:

- 45 – proud do oblouku 150 A,
- tlak dusíku 2 Pa,
 - předpětí na vzorcích 50 V,
 - doba nanášení 2 h.

Krok 2: Nanášení 0,2 μ m gradientní vrstvy TiAlN→TiN ze zdrojů nízkonapětových oblouků

Parametry kroku:

5

- proud nízkonapětového oblouku na katodě TiAl se plynule snižuje ze 150 na 50 A,
- proud nízkonapětového oblouku na katodě Ti se plynule zvyšuje z 50 na 150 A,
- tlak dusíku plynule klesá z hodnoty 2 Pa na hodnotu 1 Pa,
- předpětí na vzorcích 50 V,

10

- doba nanášení 15 min.

15

Krok 3: Nanášení 1 μ m gradientní multivrstvy TiN→TiN/BN současným nanášením pomocí nízkonapětového oblouku z katody Ti a pomocí zdroje magnetronového naprašování z katody B₄C. Gradientní multivrstva vzniká tak, že vzorky jsou periodicky povlakovány z magnetronové katody a z obloukové katody v závislosti na okamžité poloze vzorků během jejich rotace v komoře. Přičemž parametry nanášení ze zdroje nízkonapětového oblouku nebo ze zdroje magnetronového naprašování se během procesu mění.

Parametry kroku:

20

- proudu do oblouku se plynule snižuje ze 150 na 100 A,
- výkon magnetronu plynule roste z 0 na 10 kW,
- tlak dusíku klesá z 1 na 0,5 Pa,
- předpětí na vzorcích roste z 50 na 250 V

25

- doba nanášení 1 h.

Příklad 3: Vrstva CrN–BN

30

Zdroj pro nanášení vrstvy nízkonapětovým obloukem je osazený katodou Cr.

Zdroj pro nanášení vrstvy magnetronovým naprašováním je osazený katodou B₄C.

35

Krok 1: Nanášení 0,5 μ m monovrstvy CrN ze zdroje nízkonapětového oblouku

Parametry kroku:

40

- proud do oblouku 150 A,
- tlak dusíku 2 Pa,
- předpětí na vzorcích 100 V,
- doba nanášení 30 min.

45

Krok 2: Nanášení 0,5 μ m gradientní vrstvy CrN → BN současným nanášením ze zdroje nízkonapětového oblouku a ze zdroje magnetronového naprašování

Parametry gradientního kroku:

50

- proudu do oblouku snižuje ze 150 na 50 A,
- výkon magnetronu plynule roste z 0 na 10 kW,
- tlak dusíku postupně klesá z 1 na 0,5 Pa,

- předpětí na vzorcích postupně roste ze 100 na 300 V,
- doba nanášení 30 min.

Krok 3: Nanášení 2 μ m monovrstvy BN

- vypne se zdroj nízkonapětového oblouku, nanášení probíhá pouze ze zdroje magnetronového naprašování.

Parametry kroku:

- výkon magnetronu 10 kW,
- tlak dusíku 0,5 Pa,
- předpětí na vzorcích 400 V,
- doba nanášení 2 h.

Pro depozici dostatečně tvrdých vrstev je důležité, aby celková perioda multivrstvy byla pod 5 nm, protože pro vyšší hodnoty dochází k výraznému snížení tvrdosti. S rostoucí tloušťkou vrstvy BN se ztrácí vnitřní stres a dochází k jejímu překlopení do hexagonální fáze.

Část otěruvzdorné vrstvy, zhotovené podle příkladu 1 a popsané v kroku 3, obsahuje titan, dále pak dusík a bor, přičemž obsah boru je 10 at. % a bor je vázán z 60 % na dusík. Zbylý bor je vázán na bor nebo titan. Zároveň je tato část tvořena multivrstevnou strukturou s periodou 5 nm. Tato multivrstevná struktura je tvořena střídáním dvou typů vrstev, přičemž jeden typ je tvořen vrstvou složenou převážně z BN a druhý typ je tvořen TiN. Její mikrotvrdost podle Vickerse je 55 GPa.

Vrstva zhotovená způsobem podle vynálezu je vhodná pro použití jako otěruvzdorná vrstva na řezné, střížné a tvářecí nástroje, případně jako funkční vrstva na součástkách, kde je vyžadovaná vysoká životnost a nízký koeficient frikce, jako ložiska, pístní kroužky spalovacího motoru, ozubených kol apod.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob nanášení otěruvzdorných vrstev na bázi bóru na substráty metodou PVD, přičemž nanášení probíhá ve vakuové komoře současně z nejméně dvou katod, z nichž jedna pracuje v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku a druhá v režimu magnetronového naprašování, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že vrstvy jsou vybrány ze skupiny tvořené multivrstvami TiN/BN, CrN/BN, TiCrN/BN, AlTiN/BN, AlCrN/BN, AlTiCrN/BN a nanášení se provádí v atmosféře s obsahem dusíku, jehož parciální tlak je 0,1 až 10 Pa, a alespoň jedna katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, obsahuje přechodový kov ze skupiny IVB až VIB periodické tabulky nebo hliník (Al) a alespoň jedna další katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, obsahuje nejméně 50 % at. bóru (B), kde do tohoto obsahu se nezapočítává dusík (N) obsažený v katodě.

2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že parciální tlak je 0,2 až 2 Pa.

3. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, a/nebo katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, je cylindrická rotační katoda.

4. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že katoda, pracující v režimu nefiltrovaného nízkonapětového oblouku, je tvořena materiálem obsahujícím nejméně 50 % at. titanu (Ti), s výhodou nejméně 80 % at. titanu (Ti).
5. Způsob podle kteréhokoliv z předchozích nároků, **vyznačující se tím**, že katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, je tvořena materiálem obsahujícím nejméně 63 % at. karbidu bóru (B_4C).
6. Způsob podle kteréhokoliv z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že katoda, pracující v režimu magnetronového naprašování, je tvořena materiálem obsahujícím nejméně 75 % at. boridu titanu (TiB_2).
7. Otěruvzdorná vrstva na bázi bóru, zhotovená způsobem podle kteréhokoliv z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že alespoň jedna její část obsahuje přechodový kov ze skupiny IVB až VIB nebo hliník nebo jejich kombinaci, dále pak dusík a bor, přičemž obsah boru je 3 až 30 at. % a bor je vázán alespoň z 50 % na dusík, přičemž uvedená část vrstvy je tvořena multivrstevnou strukturou s periodou menší než 20 nm a uvedená část vrstvy má mikrotvrdost podle Vickerse v rozsahu 40 až 60 GPa.
8. Otěruvzdorná vrstva podle nároku 7, **vyznačující se tím**, že uvedená část vrstvy je tvořena multivrstevnou strukturou s periodou menší než 5 nm.
9. Otěruvzdorná vrstva podle nároku 8, **vyznačující se tím**, že multivrstevná struktura je tvořena střídáním dvou typů vrstev, přičemž jeden typ je tvořen vrstvou složenou převážně z BN a druhý typ je tvořen převážně nitridem kovů ze skupiny IVB až VIB nebo hliníku nebo jejich kombinace.
10. Otěruvzdorná vrstva podle nároku 9, **vyznačující se tím**, že uvedeným nitridem kovů je TiN.

Konec dokumentu
