

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 293 777

(13) Druh dokumentu:

## B6

(51) Int. Cl. :<sup>7</sup>

C 23 C 14/32

H 01 J 37/32

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: 1999-1054

(22) Přihlášeno: 24.03.1999

(40) Zveřejněno: 15.11.2000  
(Věstník č. 11/2000)

(47) Uděleno: 25.05.04

(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: 14.07.2004  
(Věstník č. 7/2004)

(73) Majitel patentu:

SHM, S. R. O., Šumperk, CZ

(72) Původce:

Holubář Pavel RNDr., Šumperk, CZ  
Jílek Mojmír, Šumperk, CZ

(74) Zástupce:

Smola Josef Ing., Mendlovo nám. 1a, Brno, 60300

(54) Název vynálezu:

**Otěruvzdorný povlak**

(57) Anotace:

Otěruvzdorný povlak nanesený na substrát, obsahující prvky B a N, je tvořen nejméně dvěma vrstvami, z nichž první vrstva má vnitřní pnutí vyšší než 1 GPa, tloušťku větší než 0,1  $\mu\text{m}$  a je tvořena převážně prvky Ti a N, a druhá vrstva je tvořena převážně prvky Ti, N, B, s obsahem B nejméně 5 % a tloušťkou nejméně 0,5  $\mu\text{m}$ .

CZ 293777 B6

## Otěruvzdorný povlak

### Oblast techniky

5

Vynález se týká otěruvzdorného povlaku naneseného na substrát, obsahujícího prvku B a N.

### Dosavadní stav techniky

10

Jsou známy povlaky představující tvrdé otěruvzdorné vrstvy, nanesené na předmětu z jiného materiálu, například z kovu, zpravidla na řezném nástroji. Vyrobením takového předmětu a následným nanesením povlaku na jeho řezné části lze výrazně zvýšit užité vlastnosti nástroje, zejména životnost, umožní se tím větší rozsah použití i pro aplikace, kde bez těchto povlaků není možné nástroj použít, vyšší rychlosti a podobně. Jsou vyráběny známé povlaky jako například TiN, MoN, WN, TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, B<sub>4</sub>C, ZrN, HfN, AlN a jejich kombinace ve formě vícevrstevných povlaků, například TiN+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nebo ve formě vícesložkových povlaků a jejich tuhých roztoků, například TiAlN, TiCN. Z nich vytvořené vrstvy však mají omezenou tvrdost a chemickou a tepelnou stabilitu, což komplikuje jejich použití u vysoce namáhaných nástrojů.

20

Jsou známy supertvrde vrstvy na bázi Ti-B-N připravované metodami nanášení Physical Vapor Deposition (dále jen PVD). V případě, že je v zařízení určené pro PVD technologii jako zdroj bóru použit plyn, například B<sub>3</sub>N<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, BCl<sub>3</sub>, B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> a podobně, jde již o kombinovanou technologii PVD/PACVD a dochází k vylučování bóru, nebo jeho sloučenin, na povrchu odpařované nebo odprašované PVD elektrody určené k odpařování nebo odprašování. Tím dochází jednak ke snížení rychlosti povlakování, jednak se mohou nedefinovatelně měnit parametry povlakování, dochází k tak zvanému otrávení katody.

25

Jsou známy technologie nanášení otěruvzdorných vrstev TiAlSiN, kde k odpařování materiálu Ti a Al se používají kovové elektrody připravené samostatně z titanu a z hliníku a jako zdroj Si se používá buď kovová Si elektroda, nebo plynná složka, například SiH<sub>4</sub>. Jsou známy technologie, kdy jako zdroj materiálu se používá slitina TiAlSi. Tyto technologie nemohou být efektivně uplatněny v případě, že k odpařování materiálu se používá nízkonapěťový oblouk, neboť slitina TiAlSi, popřípadě čistý Si, nejsou vhodné k odpařování nízkonapěťovým obloukem, protože dochází k výraznému zvýšení počtu a velikosti makročásteček. V případě, že se použije jako zdroje plynné Si například SiH<sub>4</sub>, stává se proces nestabilní a objevují se problémy s udržení stabilní stechiometrie povlaku.

30

35

Jsou také známy způsoby a zařízení pro nanášení ochranných povlaků na předměty již zmíněnou fyzikální metodou z plynné fáze – Physical Vapor Deposition (PVD), nebo chemickou metodou Chemical Vapor Deposition (dále jen CVD), anebo chemickou metodou z plynné fáze za přítomnosti plazmy Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition (dále jen PACVD).

40

V případě metody PACVD je obecně používán postup, při němž vrstva roste při zapáleném doutnavém výboji, jehož jedna elektroda je umístěna přímo na povlakovaných předmětech, tj. na povlakované vsádce. Doutnavý výboj přitom hoří přímo ve směsi plynů, které jsou zdrojem materiálu pro povlak. Nevýhoda této metody spočívá ve špatné rovnoměrnosti růstu povlaku na povlakované vsádce.

45

Jedno z řešení PVD metody je popsáno a znázorněno v patentovém spisu CZ 276 840. Podle něj je povlakovaný předmět umístěn ve vakuové povlakovací komoře. Odpařování povlakovacího materiálu, umístěného ve středu komory, se dosahuje nízkonapěťovým elektrickým obloukem, přičemž odpařovaný materiál představuje jednu z elektrod – katodu. Povlakované předměty jsou umístěny v blízkosti stěn povlakovací komory a je na ně přivedeno záporné napětí. To způsobuje urychlování kladně nabitých iontů k povlakovaným předmětům. Změnou velikosti tohoto

50

55

záporného napětí lze částečně regulovat teplotu předmětů během povlakování. Odpařovaná elektroda přitom může být umístěna do magnetického pole, které urychlí katodovou skvrnu a sníží počet makročásteček, které se vytvářejí při použití této technologie.

- 5 Nevýhody předchozího řešení spočívají především v tom, že není možné řídit pohyb katodové skvrny rovnoměrně po povrchu celé katody. Proto toto řešení neumožňuje řízené nanášení více-složkových povlaků s definovaným poměrem obou složek.

10 Cílem vynálezu je vytvořit ochranný povlak sestávající z různých vrstev, který v co největší míře odstraňuje nedostatky stavu techniky a je možné jej vytvořit z různých vrstev, rozdílnými technologiemi v jednom procesu.

#### Podstata vynálezu

15 Podstata ochranného povlaku podle vynálezu spočívá v tom, že je tvořen nejméně dvěma vrstvami, z nichž první vrstva má vnitřní pnutí vyšší než 1 GPa, tloušťku větší než 0,1  $\mu\text{m}$  a je tvořena prvky Ti a N, a druhá vrstva je tvořena převážně prvky Ti, N, B s obsahem B nejméně 5 % a tloušťkou nejméně 0,5  $\mu\text{m}$ .

20 Pro zvýšení přilnavosti druhé vrstvy povlaku na první vrstvě je podstatné, že mezi první vrstvou a druhou vrstvou je vytvořena přechodová vrstva, v níž se plynule mění koncentrace ve směru od první vrstvy ke druhé vrstvě, a to koncentrace Ti se snižuje a koncentrace B, popřípadě N se zvyšuje.

25 Z hlediska vlastností povlaku je významné, že koncentrace se mění nejméně ve 3 skocích nebo plynule, přičemž minimální tloušťka přechodové vrstvy je 50 nm.

Hlavní výhodou povlaku podle vynálezu je zlepšení jeho fyzikálních vlastností.

30 Hlavní výhoda způsobu výroby povlaků podle vynálezu spočívá v tom, že umožňuje vytvářet tvrdé a supertvrdé povlaky kombinovanou metodou PVD/PACVD, přičemž otrávení elektrody určené k odpařování materiálu metodou PVD je výrazně potlačeno, například v případě povlaků Ti-B-N, kdy jako zdroj bóru je použita plynná složka například  $\text{B}_3\text{N}_3\text{H}_6$ .

35 Další výhoda vynálezu spočívá v tom, že umožňuje přípravu vícesložkových povlaků s plynule měnitelným poměrem jednotlivých složek povlaku přímo během procesu, například vrstev TiAlN s plynule měnitelným poměrem Ti:Al.

40 Jedna z výhod vynálezu spočívá v tom, že umožňuje přípravu vrstvy s vysokým obsahem B a N s dobrou adhezí.

Vynález je výhodný i v tom, že umožňuje přípravu vrstev TiAlSiN metodou PVD pomocí technologie nízkonapěťového oblouku.

45

#### Přehled obrázků na výkresech

50 Příklady provedení jsou znázorněny na výkresech, kde značí obr. 1 schematický řez povlakovací komorou se zařízením pro vytvoření povlaku podle vynálezu, obr. 2 jiné provedení části povlakovacího zařízení a obr. 3 zařízení se dvěma katodami.

Příklady provedení vynálezu

V povlakovací komoře 1 je v jejím středu nebo v její ose uspořádána odpařovaná elektroda z povlakovacího materiálu – katoda 2 nízkonapětového oblouku, která je přibližně ve tvaru válce, který může být na obou svých koncích opatřen kuželovou částí. Osa katody 2 je zpravidla svislá. Ke kuželovým částem katody 2 mohou být na obou jejích koncích připojeny pólové nástavce 3. Střed odpařované elektrody – katody 2 tvoří vlastní funkční část 5. Tato funkční část 5 může sestávat z několika pásem, z nichž každé má odlišné materiálové složení. Podle příkladu provedení je první pásmo 6 z titanu a druhé pásmo 7 z hliníku. Do povlakovací komory 1 jsou také zaústěny přívody 10 reakčních plynů.

Ke katodě 2 je přiřazen zdroj řízeného magnetického pole, což je provedeno například tak, že k oběma stranám katody 2 je symetricky přiřazena dutá horní elektromagnetická cívka 11 a dutá spodní elektromagnetická cívka 12. Katoda 2 je tedy umístěna v magnetickém poli vytvářeném oběma cívkami 11 a 12. Vnitřní průměr pláště obou elektromagnetických cívek 11 a 12 přesahuje vnější průměr odpařované elektrody – katody 2. Tělesa elektromagnetických cívek 11 a 12 jsou upevněna na horní stěně 8 a na spodní stěně 9 povlakovací komory 1. Obě elektromagnetické cívky 11 a 12 jsou v podstatě válcového tvaru a jejich vinutí končí na začátku válcové části odpařované elektrody – katody 2. Popsané uspořádání elektromagnetických cívek 11 a 12 je příkladné a výhodné. Je možné jejich jiné uspořádání, například může být katoda 2 uložena uvnitř elektromagnetické cívky jako jádro.

Plášť elektromagnetických cívek 11 a 12 může tvořit anodu nízkonapětového oblouku (obr. 2) a může být galvanicky spojen s povlakovací komorou 1, nebo může být galvanicky od povlakovací komory 1 oddělen, například izolací 33 (obr.1).

U provedení podle obr. 1 a 3 je ke každé elektromagnetické cívce 11 a 12 z její vnější strany přiřazena elektroda, podle příkladu provedení anoda 13 nízkonapětového oblouku. Anoda 13, elektromagnetické cívky 11 a 12 včetně jejich pláště a katoda 2 jsou uspořádány v podstatě v jedné ose. Obě elektromagnetické cívky 11 a 12, anoda 13 i katoda 2 jsou chlazeny, do jejich pláště či do dutiny 14 (obr. 2) v odpařované elektrodě – katodě 2 je prostřednictvím přívodů 15a přivedena chladicí kapalina a je z nich odváděna pomocí výstupů 15b.

Povlakované předměty – substrát 16 jsou v povlakovací komoře 1 umístěny obvyklým způsobem v blízkosti boční stěny 17 povlakovací komory 1 (obr. 1 a 3). Povlakovací komora 1 je opatřena evakuačním výstupem 19 pro připojení neznázorněného vakuového zařízení a je také elektricky uzemněna uzemněním 30 (obr. 1). Evakuační výstup 19 slouží také jako výstup inertních plynů. Ke katodě 2 je přiřazena zapalovací elektroda 20, podle příkladu provedení je umístěna u horní části katody 2.

Před uvedením zařízení do činnosti se musí komora 1 povlakovacího zařízení dostatečně evakuovat a zapustí se reakčním plynem, například dusíkem, nebo inertním plynem, například argonem.

Pro uvedení zařízení do činnosti se na substrát 16, tj. na povlakované předměty, přiloží záporné povlakovací napětí zdroje 32 (obr. 1) a mezi katodu 2 a anodu 13 se přiloží zdroj 31 nízkonapětového oblouku. Pomocí zapalovací elektrody 20 se obvyklým způsobem zapálí nízkonapětový oblouk. Oblast 21 hoření (obr. 1 a 2) je tvořena prstencem, který obklopuje katodu 2 a rozprostírá se mezi oběma anodami 13 (obr. 1) nebo mezi pláštěmi 25 a 26 elektromagnetických cívek 11 a 12 (obr. 2). Záporným předpětím na substrátu 16 jsou přitahovány kladně nabitě částice odpařené z katody 2 a ionizované obloukem. Na povrchu substrátu 16 se tak vytváří povlak tvořený materiálem katody 2 a reakčním plynem. Lze shrnout, alespoň část materiálu povlaku se nanáší na substrát po odpaření z katody 2 nízkonapětového oblouku, přičemž kolem katody 2 se vytváří řízené magnetické pole.

Proud oblouku se obvykle pohybuje v rozmezí 100 až 300 A, napětí na oblouku 20 až 30V, proud kladně ionizovaných částic odpařené katody dopadajících na substrát 16 je obvykle 4 až 20 A.

- Na obě elektromagnetické cívky 11 a 12 se rovněž připojí neznázorněný elektrický zdroj, takže elektromagnetické cívky 11 a 12 vytvoří řízené elektromagnetické pole, jak je znázorněno siločarami 24 na obr. 1 a 2. Změnou elektromagnetického pole, řízením proudu v elektromagnetických cívkách 11 a 12, lze řídit pohyb katodové skvrny po povrchu funkční části 5 katody 2. K tomu účelu jsou elektromagnetické cívky 11 a 12 spojeny s neznázorněným řídicím ústrojím.
- 10 Pro přípravu vrstvy TiAlSiN je jedna část katody 2 tvořena Ti a druhá část slitinou Al-Si s obsahem Si v rozmezí 3 až 30 at.%, reakční atmosféra je tvořena dusíkem obvykle za tlaku 0,1 až 0,3 Pa. Řízením proudu v elektromagnetických cívkách 11 a 12 lze řídit pohyb katodové skvrny po obou pásmech 6 a 7 katody 2 a tím libovolně měnit stechiometrii nanášené vrstvy během procesu. Lze tedy shrnout, že napařování se provádí odpařováním z katody 2, z níž alespoň jedna část je tvořena převážně slitinou Al-Si s atomovým obsahem Si 3 až 30 %. Tímto způsobem lze vytvářet vrstvy TiAlSiN s různým poměrem Ti:AlSi, nebo například multivrstvy tvořené vrstvami s různým poměrem Ti:AlSi. Druhá část katody 2 obsahuje alespoň některé z prvků přechodných kovů, výhodný je Ti.
- 20 Zesílením magnetického pole zvýšením proudu protékajícího elektromagnetickými cívkami 11 a 12 dochází k intenzivnější ionizaci plynů v oblasti 21 hoření oblouku a současně se zvyšuje napětí na oblouku. Pokud je do této oblasti zapuštěn reakční plyn vhodný pro přípravu vrstev PACVD technologií, například  $TiCl_4$ ,  $CH_4$ ,  $B_3N_3H_6$ ,  $SiH_4$  a podobně pro přípravu vrstev TiN, C, BN,  $Si_3N_4$  a podobně, jsou jeho molekuly v této oblasti intenzivně ionizovány a urychlovány na substrát 16, na který je přiloženo záporné předpětí a vrstva rostoucí na substrátu 16 může být 25 připravována částečně metodou PVD, tj. odpařováním materiálu z katody nízkonapěťového oblouku, a částečně metodou PACVD, a to díky ionizaci reakčních plynných složek příslušných PACVD technologii v oblasti hoření nízkonapěťového oblouku. Jedná se tedy o kombinovanou metodu PVD – PACVD. Nanášení se tedy provádí napařováním nízkonapěťovým obloukem v reakční atmosféře fyzikální metodou z plynné fáze (PVD) a/nebo chemickou metodou z plynné 30 fáze za přítomnosti plazmy (PACVD), přičemž ionizace plasmy pro nanášení metodou PACVD se provádí nízkonapěťovým obloukem.
- Změnou intenzity magnetického pole lze plynule měnit poměr podílů rostoucí vrstvy daných 35 příspěvky technologie PVD a PACVD. Jedna z výhod tohoto systému spočívá v tom, že odpařovaná katoda 2 může být poměrně malá a v důsledku toho intenzita odpařování povlakovaného materiálu z jednotkové plochy katody 2 velká. Tím lze podstatně snížit otrávení katody.
- Popsaným způsobem lze připravovat například kompozitní vrstvy TiN-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> kde část TiN je 40 vytvářena metodou PVD odpařováním Ti katody 2 v atmosféře dusíku a část Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> je vytvářena ionizací SiH<sub>4</sub> v prostoru hoření nízkonapěťového oblouku – reakcí s dusíkem, který je součástí reakční atmosféry, se vytváří složka Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Poměr TiN : Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> obvykle 3:1 až 10:1.
- Podobně lze připravovat vrstvu složenou z prvků Ti, B a N, dále Ti-B-N, přičemž poměr Ti:B:N 45 může, ale nemusí být stechiometrický, a zdrojem bóru může být například B<sub>3</sub>N<sub>3</sub>H<sub>6</sub>. Použije-li se jak reakční plyn u postupu PACVD například zmíněná sloučenina B<sub>3</sub>N<sub>3</sub>H<sub>6</sub> nebo jiná sloučenina obsahující bór, například B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, B<sub>10</sub>H<sub>14</sub> a podobně, a jako materiálu pro katodu 2 titanu Ti, potom lze touto kombinovanou metodou PVD-PACVD v atmosféře dusíku připravit vrstvu Ti-B-N. Tvrdost HV podle Vickerse takové vrstvy může přesahovat 50 GPa.
- 50 Uvedeným způsobem lze vytvořit nejméně dvouvrstvý povlak, kde na první vrstvě tvořené vrstvou s vnitřním pnutím větším než 1Gpa a tloušťkou větší než 0,1 μm, například z nitridu titanu TiN, je nanášena vrstva Ti-B-N o tloušťce nejméně 0,5 μm. První vrstva s vnitřním pnutím je tvořena převážně prvky Ti a N, například TiN. První vrstva může být nanášena 55 bezprostředně na substrátu a poměr Ti a N je s výhodou stechiometrický, ale obojí není nezbytné.

Druhá vrstva Ti-B-N může, ale nesmí být poslední vrstvou povlaku. První vrstva je umístěna buď bezprostředně na substrátu 16, ale může být také umístěna na jedné vrstvě, nebo několika vrstvách, nanesených na substrát známými postupy. Lze tedy shrnout, že povlak je tvořen  
 5 nejmeně dvěma vrstvami, z nichž první vrstva má vnitřní pnutí vyšší než 1 GPa a tloušťku větší než 0,1  $\mu\text{m}$  a druhá vrstva je tvořena převážně prvky Ti, N, B s obsahem B nejméně 5 % a tloušťkou nejméně 0,5  $\mu\text{m}$ .

Další varianta povlaku podle vynálezu spočívá v tom, že mezi vrstvou s vnitřním pnutím, například TiN, a vrstvou Ti-B-N, jak je popsáno výše, je vytvořena přechodová vrstva, v níž se  
 10 postupně mění koncentrace jednotlivých prvků od vrstvy s vnitřním pnutím k vrstvě Ti-B-N. Koncentrace se může měnit i skokově, nejméně však ve třech skocích. Koncentrace Ti se přitom snižuje a koncentrace B, popřípadě i N, se zvyšuje, a to plynule nebo ve skocích, které nepřesahují 10 atomových % Ti. Minimální tloušťka této přechodové vrstvy je 50 nm.

15 Příklad parametrů nanášení supertvrdé ořezuvzdorné vrstvy Ti-B-N dle vynálezu:

Napětí na substrátu – 100 až 300 V

Proudová hustota na substrátu – přibližně 0,05 A/cm<sup>2</sup>

Proud procházející obloukem – 100 až 150 A

Napětí na oblouku – 26 až 30 V

20 Průtok B<sub>3</sub>N<sub>3</sub>H<sub>6</sub> – 20 Ncm<sup>3</sup>/min.

Průtok N<sub>2</sub> – 35 Ncm<sup>3</sup>/min

Tlak – 0,2 až 0,6 Pa

Použitá katoda – titan

Proudová hustota oblouku na Ti katodě – 1 až 2 A/cm<sup>2</sup>

25

Příklad parametrů nanášení první vrstvy TiN s vnitřním pnutím větším než 1Gpa – tento například vyplývá ze stavu techniky, viz například článek v časopise Physical Review B z roku 1987, S. Vepřek a F.-S. Sarott „Effect of grain boundaries on the Raman spectra, optical absorption, and elastic light scattering in nanometer-sized crystalline silicon“.

30 Napětí na substrátu – 100 V

Proud procházející obloukem – 100 A

Proudová hustota na substrátu – přibližně 0,05 A/cm<sup>2</sup>

Tlak dusíku – 0,2 Pa

Použitá katoda – Ti

35

Poznámka: 1 Ncm<sup>3</sup> značí standardní centimetr krychlový, který odpovídá množství plynu v 1 cm<sup>3</sup> za normálního tlaku.

40 U všech uvedených příkladů provedení je možné nahradit Ti některým prvkem přechodných kovů, například molybdenem nebo wolframem.

Další provedení zařízení (obr. 2) se od zařízení výše popsaného liší tím, že funkci výše uvedené anody 13 nízkonapětového oblouku zastávají pláště 25 a 26 elektromagnetických cívek 11 a 12, to znamená, že kladné napětí zdroje 31 nízkonapětového oblouku je přivedeno na tyto pláště 25 a 26. Pro zvýšení stability hoření nízkonapětového oblouku je uvnitř elektromagnetických cívek  
 45 uspořádáno síťení 27, například ve formě válců. Toto stínění je výhodné, není však nezbytné a je možné provést zařízení bez něj.

Pro zvýšení kapacity povlakovací komory 1 je v ní možno uspořádat dvě odpařované elektrody – katody 2a a 2b (obr. ), popřípadě i větší počet katod 2a a 2b. Úměrně tomu je pak příslušný počet elektromagnetických cívek, zapalovacích elektrod a podobně. Rozdíl ve srovnání s provedením podle obr. 1 spočívá především v tom, že obě elektromagnetické cívky 11a a 12b horní katody 2a

jsou prostřednictvím neznázorněného nosiče připevněny k horní stěně 8 povlakovací komory 1, zatímco obě elektromagnetické cívky 12a a 12b spodní katody 2b jsou prostřednictvím neznázorněného nosiče připevněny ke spodní stěně 9 povlakovací komory 1. S výhodou lze provést spojení mezi pláští elektromagnetických cívek 11a a 11b horní katody 2a pomocí propojení 28 a mezi pláští elektromagnetických cívek 12a a 12b spodní katody 2b pomocí dalšího propojení 29. Toto propojení 28 nebo 29 může být s výhodou vytvořeno několika trubkami, například třemi trubkami, které mohou sloužit rovněž ke chlazení vnitřních cívek 11b a 12a a současně lze jimi přivést na tyto elektromagnetické cívky 11a, 11b, 12a a 12b proud.

#### Průmyslová využitelnost

Povlaky podle vynálezu jsou určeny zejména pro vytvoření tvrdých a supertvrdých povrchových vrstev na obráběcích nástrojích, například na řezných nástrojích. Je také vhodné opatřit těmito povlaky nástroje pro operace frézování, soustružení a vyvrtávání i nástroje pro dokončovací operace na kovových výrobcích, například pro honování, případně i jiné nástroje, u nichž je nezbytná velká odolnost oděru a otěru.

### PATENTOVÉ NÁROKY

1. Otěruvzdorný povlak nanesený na substrát, obsahující prvky B a N, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že je tvořen nejméně dvěma vrstvami, z nichž první vrstva má vnitřní pnutí vyšší než 1 GPa, tloušťku větší než 0,1  $\mu\text{m}$  a je tvořena převážně prvky Ti a N, a druhá vrstva je tvořena převážně prvky Ti, N, B, s obsahem B nejméně 5 % a tloušťkou nejméně 0,5  $\mu\text{m}$ .

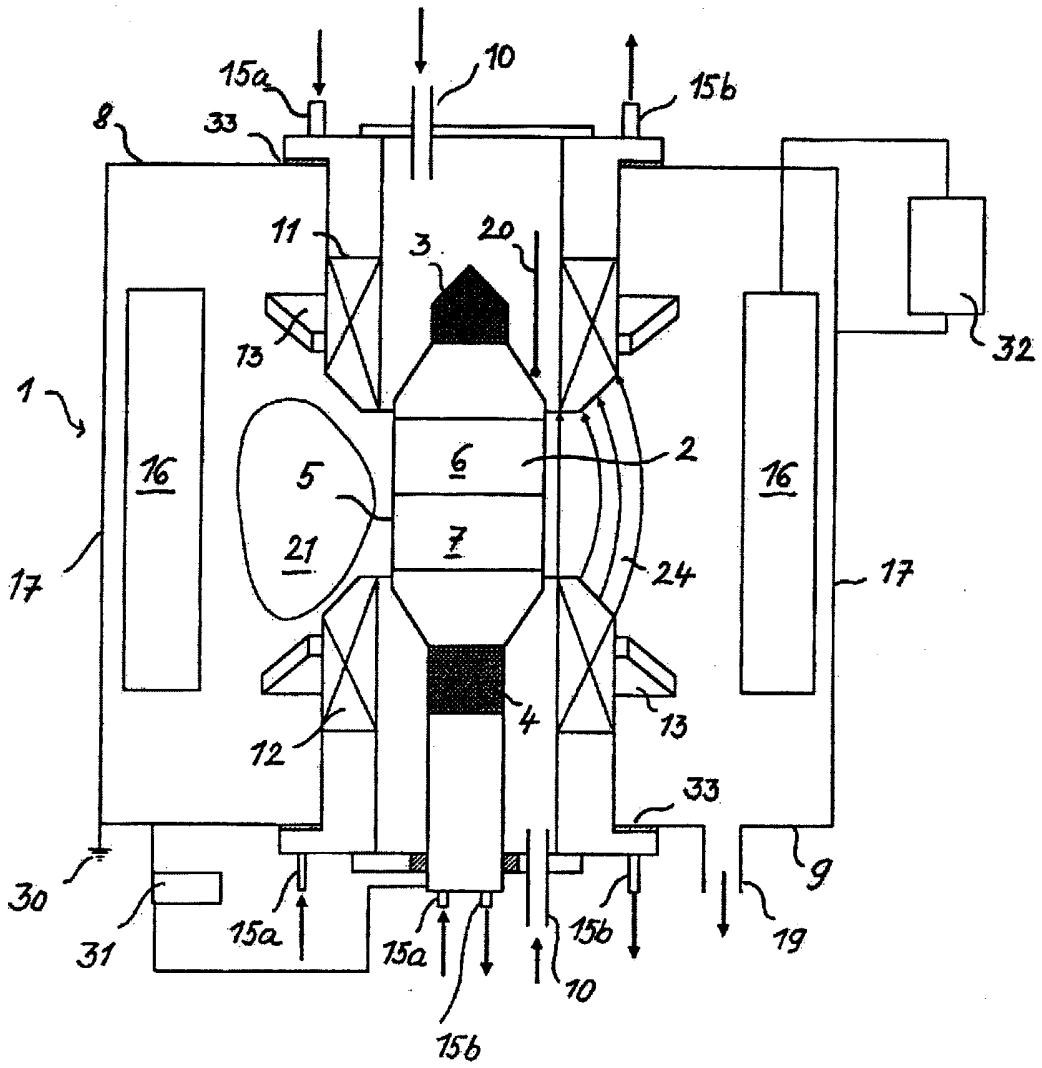
2. Otěruvzdorný povlak podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že mezi první vrstvou a druhou vrstvou je vytvořena přechodová vrstva, v níž se plynule mění koncentrace ve směru od první vrstvy ke druhé vrstvě, a to koncentrace Ti se snižuje a koncentrace B, popřípadě N se zvyšuje.

3. Otěruvzdorný povlak podle nároku 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že koncentrace se mění nejméně ve třech skocích.

4. Otěruvzdorný povlak podle nároku 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že koncentrace se mění plynule.

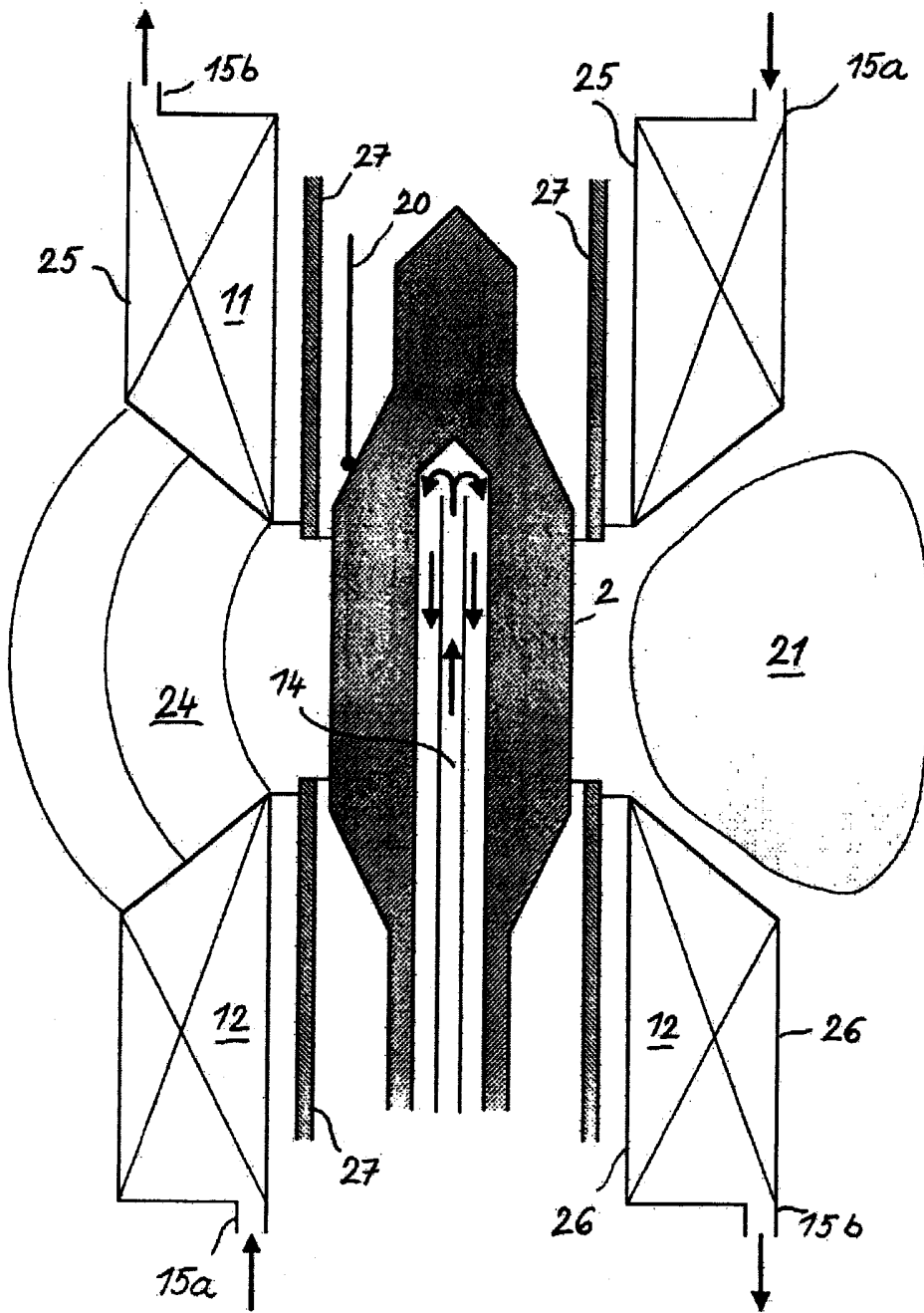
5. Otěruvzdorný povlak podle kteréhokoliv z nároků 2 až 4, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že minimální tloušťka přechodové vrstvy je 50 nm.

3 výkresy

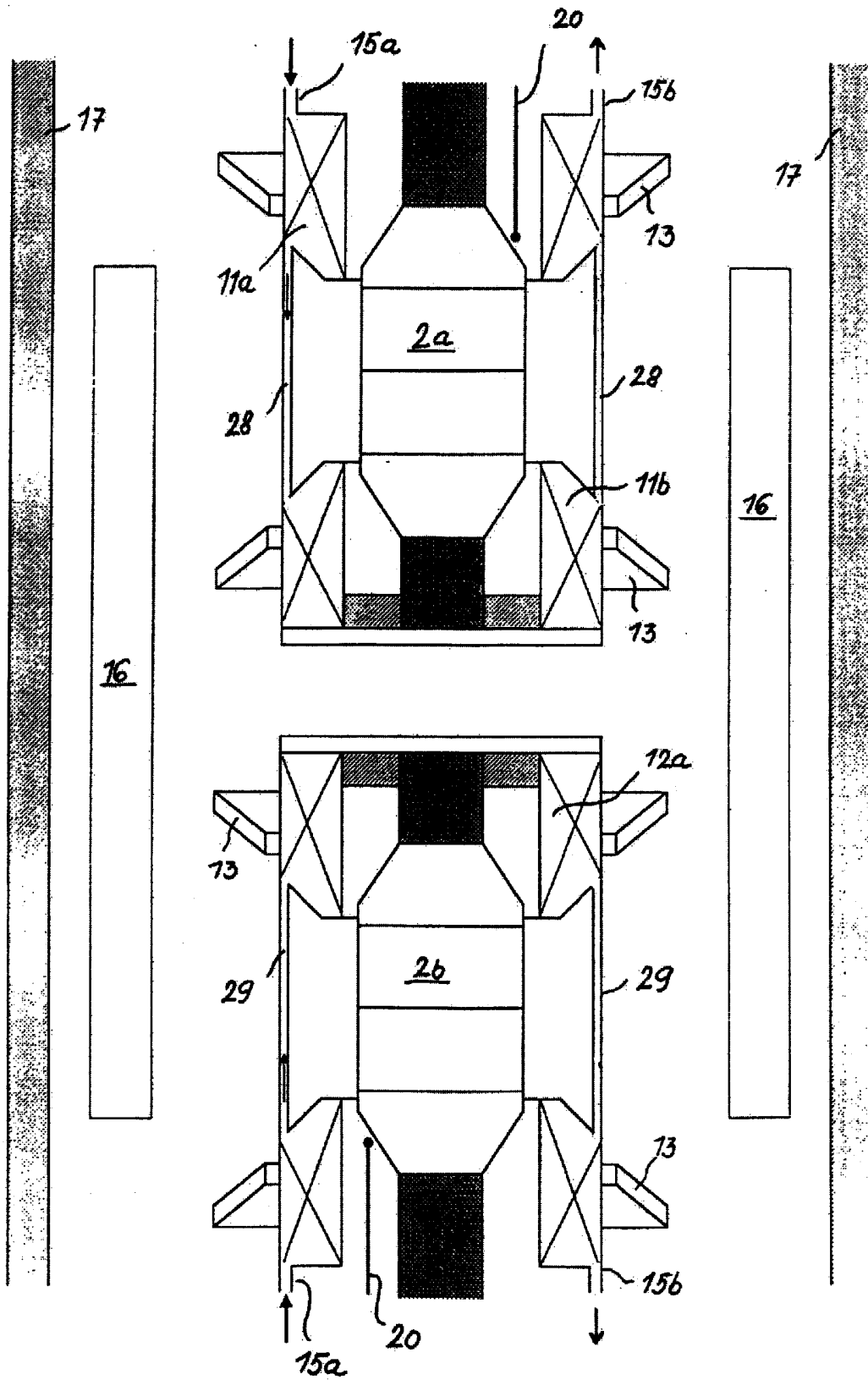


Obr. 1





Obr. 2



Obr. 3

Konec dokumentu