

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2013-542

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

C23C 16/30 (2006.01)
C23C 16/34 (2006.01)
C23C 16/38 (2006.01)
C23C 16/513 (2006.01)
B82Y 30/00 (2011.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

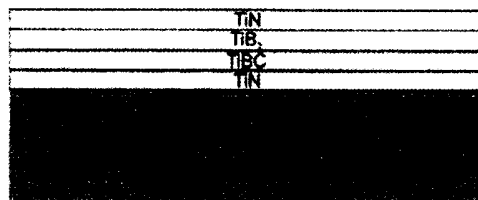
(22) Přihlášeno: **11.07.2013**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **04.02.2015**
(Věstník č. 5/2015)

(71) Přihlašovatel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec 1, CZ

(72) Původce:
prof. Ing. Petr Louda, CSc., Dlouhý Most, CZ
Ing. Slavomír Hořejš, CSc., Ostrava - Svinov, CZ
Ing. Martin Louda, Ph.D., Františkovy Lázně, CZ
Ing. Zbigniew Rożek, Ph.D., Łódź, 93-361, PL
Ing. Mateusz Fijałkowski, Ph.D., Kielce, 25-553, PL

(74) Zástupce:
STRNAD Patent. a známková kancelář, Ing. Václav
Strnad, Rychtářská 375/31, 460 14 Liberec 14



(54) Název přihlášky vynálezu:
Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje

(57) Anotace:
Povlakové lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli, jejichž alespoň pracovní plochy jsou opatřeny ochrannou nanokompozitní multivrstvou na bázi titanu, bóru a uhlíku (TiBC) v kombinaci s diboridem titanu (TiB₂) a nitridem titanu (TiN). K zajištění dobré adheze obou mezivrstev z (TiBC) a z (TiB₂) k ocelovému substrátu je jako první nanášena spodní vrstva nitridu titanu (TiN), na níž navazuje střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku (TiBC), přičemž na střední ochrannou mezivrstvu (TiBC), obsahující nitridy bóru a nitridy titanu, je nanášena vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu (TiB₂) a ochranná nanokompozitní multivrstva je zakončena horní vrstvou z nitridu titanu (TiN). Ochranná nanokompozitní multivrstva vykazuje tloušťku 2 až 4 μm. Tloušťka první spodní vrstvy z nitridu titanu (TiN), nanášené na ocelový substrát, nepřesahuje 0,5 μm. Ve výhodném provedení tohoto řešení se střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku (TiBC) pravidelně střídá s vrchní ochrannou mezivrstvou diboridu titanu (TiB₂), takže je vytvořeno několik těchto mezivrstev umístěných nad sebou. Ochranná nanokompozitní multivrstva je zakončena vždy horní vrstvou z nitridu titanu (TiN).

Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje

Oblast techniky

Vynález se týká ocelových lisovacích nebo tvářecích nástrojů, jejichž povrch je opatřen povlakem pro zvýšení životnosti a také jejich kvality.

Dosavadní stav techniky

V současné době existuje velký zájem o zvýšení životnosti různých druhů nástrojů, mezi které patří např. lisovací nástroje. Pro výrobu různých strojních dílů nebo hotových výrobků se používají různé tvářecí či lisovací nástroje. Tento proces je velmi náročný na samotný lisovací nebo tvářecí nástroj a z tohoto důvodu jsou jako základní materiály pro tyto nástroje používány dražší druhy ocelí s vyššími užitnými vlastnostmi. Výroba samotného nástroje je také často velice nákladná, a proto výrobci v posledních letech hledají další technologie pro prodloužení životnosti lisovacích či tvářecích nástrojů za účelem úspory výrobních nákladů.

Lisovací nebo tvářecí proces se provádí za studena anebo za tepla, a to ve více stupních podle technologického postupu. V celém technologickém procesu jsou použité lisovací nástroje silně mechanicky namáhány. Zvýšení životnosti lisovacích nástrojů lze dosáhnout pomocí depozice tenkých vrstev vytvářených plazmatickými metodami. V tomto případě se jedná především o zvýšení tvrdosti a snížení koeficientu tření.

V současnosti existuje mnoho publikovaných informací týkajících se povlakování lisovacích nebo tvářecích nástrojů tenkými tvrdými vrstvami s cílem zlepšení jejich užitných vlastností. Realizují se různé typy nitridových, oxidických nebo karbidických povlaků, příkladně na bázi karbidu wolframu, které jsou charakterizovány dobrou tvrdostí, což zaručuje velkou odolnost nástrojů proti opotřebení.

Ochranné povlaky proti opotřebení povrchu nástrojů mají velké využití v průmyslu v mnoha oblastech, jako je například lisování nebo tváření. Opotřebení povrchu těchto nástrojů nejen snižuje životnost nástrojů samotných, ale může také vést k zhoršení kvality výlisku. Při styku lisovacího nástroje s obrobkem dochází ke značnému mechanickému namáhání. Opotřeбенé nástroje jsou podle stavu opotřebení znovu repasovány nebo vyhozeny. Ke zvyšování životnosti lisovacích nástrojů jsou používány různé technologické postupy, přičemž v posledních letech nejrozšířenější je vytváření tenkých vrstev pomocí metody CVD, což je obchodní zkratka pro Chemical Vapour Deposition. Rovněž je známa metoda označená PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) nebo PVD (Physical Vapour Deposition). Tyto metody kladou specifické požadavky na vlastnosti tenkých vrstev vytvářených plazmatickými technologiemi na povrchu nástrojů. Ve všech těchto případech by měly být povlaky charakterizovány vysokou tvrdostí a hladkým povrchem s nízkým koeficientem tření.

Podstata vynálezu

Jednou z možných cest pro řešení výše uvedených problémů u lisovacích nebo tvářecích nástrojů z kalené oceli je použití tenkých ochranných multivrstev na bázi titanu, bóru a uhlíku, to je zkráceně TiBC, v kombinaci s diboridem titanu TiB₂. K zajištění dobré adheze uvedených obou vrstev TiBC/TiB₂ k ocelovému substrátu je jako první nanесena spodní vrstva nitridu titanu TiN. V tomto případě je většina nežádoucích zbytkových pnutí takto konstruované multivrstvy vyloučena v důsledku lokální deformace materiálu měkčí první spodní vrstvy z TiN. Ochranná multivrstva tvořená ve směru od ocelového substrátu TiN, TiBC a TiB₂ je shora opět zakončena horní vrstvou nitridu titanu TiN. Takže mezi první spodní vrstvou z TiN a horní vrstvou rovněž z TiN se nachází střední ochranná mezivrstva na bázi titanu, bóru a uhlíku TiBC, na níž je nanесena vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu TiB₂.

Podle navrhovaného řešení je výhodné, když v další fázi úpravy nástroje jsou střídavě deponovány ochranné mezivrstvy TiBC a TiB₂ s cílem zvýšení tvrdosti a snížení vnitřních pnutí v takto vytvořené multivrstvě. Potom tedy střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku je tvořena několika vrstvami umístěnými nad sebou a také následná vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu je tvořena několika umístěnými vrstvami nad sebou, přičemž střední ochranné mezivrstvy z titanu, bóru a uhlíku se pravidelně střídají s vrchními ochrannými mezivrstvami z diboridu titanu. Ochranná nanokompozitní multivrstva je vždy zakončena horní vrstvou tvořenou z nitridu titanu. Na základě provedených studií životnosti nástrojů bylo zjištěno, že k dosažení požadovaného cíle je nutné vytvořit systém ochranných mezivrstev z TiBC/TiB₂ v počtu vyšším než dvacet.

Takto vytvořený systém jednotlivých nanесených vrstev zajišťuje silné a trvalé spojení mezi ochrannou multivrstvou a ocelovým povrchem nástroje. Ochranná multivrstva vykazuje tloušťku 2 až 4 μm, zatímco tloušťka první spodní vrstvy z TiN nepřesahuje 0,5 μm. Ochrannou multivrstvu tvoří první spodní vrstva z TiN, střední ochranná mezivrstva z TiBC, vrchní ochranná mezivrstva z TiB₂ a konečná horní vrstva z TiN. Střední ochranná mezivrstva, resp. střední ochranné mezivrstvy složené z titanu, bóru a uhlíku, a vrchní ochranná mezivrstva, resp. vrchní ochranné mezivrstvy z diboridu titanu, vykazují tvrdost kolem 45 GPa. Tloušťka konečné horní vrstvy z TiN vykazuje tloušťku 0,5 μm.

Přehled obrázku na výkrese

Schematicky a názorně je na připojeném obrázku ukázána konstrukce ochranné nanokompozitní multivrstvy nanесené na povrch ocelového lisovacího nástroje, přičemž ve směru od ocelového substrátu je vytvořena nejprve první spodní vrstva z nitridu titanu, na kterou navazuje střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku, na níž je nanесena vrchní ochranná mezivrstva z diboridu titanu a následně je ochranná multivrstva zakončena horní vrstvou z nitridu titanu.

Příklady provedení vynálezu

Podle obrázku je na povrchu lisovacího nástroje nanášena ochranná nanokompozitní multivrstva složená z několika vrstev tvořených postupně ve směru od ocelového substrátu. První spodní vrstva je tvořena nitridem titanu TiN, na níž je nanášena střední ochranná mezivrstva TiBC, složená z titanu, bóru a uhlíku, která obsahuje nitridy bóru a nitridy titanu, a následně vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu TiB₂. Ve výhodném provedení tohoto technického řešení jsou střední ochranná mezivrstva TiBC a vrchní ochranná mezivrstva TiB₂ uspořádány vzájemně střídavě a toto vzájemné střídání obou mezivrstev se několikrát opakuje, příkladně alespoň dvacetkrát. Takto konstruovaná ochranná multivrstva je nakonec zakončena horní vrstvou vytvořenou opět z nitridu titanu TiN. Tato horní vrstva nitridu titanu má tloušťku 0,5 μm. Tloušťka první spodní vrstvy z TiN nanášená na ocelový substrát nepřesahuje 0,5 μm.

Tloušťka celé ochranné nanokompozitní multivrstvy se pohybuje v rozmezí 2 až 4 μm a je vždy zakončena horní vrstvou tvořenou nitridem titanu.

Ochranná nanokompozitní multivrstva je nanášena postupně a k jejímu vytvoření je využita technologie PA CVD (plasma assisted chemical vapour deposition). V komoře zařízení jsou pomocí plazmy při teplotě ~ 500 °C rozkládány plyny: titanium tetrachlorid (TiCl₄ - zdroj Ti), chlorid boritý (BCl₃ - zdroj B), metan (CH₄ - zdroj C) a dusík. Zlepšení adheze střední ochranné mezivrstvy z TiBC a následně vrchní ochranné mezivrstvy z TiB₂ na kovový substrát je dosaženo za použití první spodní vrstvy z nitridu titanu TiN, která je nanášena na ocelový substrát jako první a jejíž tloušťka nepřesahuje 0,5 μm. V další fázi jsou střídavě deponovány ochranné mezivrstvy TiBC a TiB₂ a to v počtu vyšším než 20 opakování pro dosažení potřebné tvrdosti a snížení vnitřních pnutí. Nakonec je nanášena horní vrstva z TiN, zakončující ochrannou multivrstvu.

Zařízení pro nanášení jednotlivých vrstev ochranné nanokompozitní multivrstvy využívá pulzní technologie DC-PECVD, kde hlavním zdrojem plazmy je DC pulzní výboj (impulsy stejnosměrného proudu). Použití tohoto depozičního systému umožňuje realizovat vytváření ochranné nanokompozitní multivrstvy bez nutnosti přerušování procesu a otevírání reakční komory. Široký rozsah parametrů plazmového generátoru, možnost řízení teploty a tlaku v kombinaci s přesným systémem dávkování plynu umožňují plnou kontrolu během procesu tvorby jednotlivých vrstev, což dává možnost ovlivnit chemické složení a vlastnosti deponovaných vrstev nanášených na povrch ocelového substrátu lisovacího nástroje.

Realizací depozice tenkých vrstev TiN/TiBC/TiB₂/TiN na povrch lisovacího nástroje podle vynálezu bylo prokázáno, že koeficient tření pro třecí dvojici tvořenou ocelí a vzorkem z kalené oceli opatřeným vrchní ochrannou nanokompozitní multivrstvou nepřesahuje hodnotu 0,6 (na leštěném vzorku). Bylo dokázáno, že povlak tvořený z ochranných mezivrstev TiBC/TiB₂ je charakterizován tvrdostí 45 GPa, Youngův modul pružnosti 380 GPa. Nástroje opatřené těmito uváděnými vrstvami a mezivrstvami byly úspěšně vyzkoušeny v průmyslových aplikacích, kde výrazně zvýšily životnost a užité vlastnosti lisovacích či tvářecích nástrojů.



PATENTOVÉ NÁROKY

1. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že alespoň jejich pracovní plochy jsou opatřeny ochrannou nanokompozitní multivrstvou složenou z několika vrstev tvořených postupně ve směru od substrátu z kalené oceli první spodní vrstvou z nitridu titanu (TiN), na níž navazuje střední ochranná mezivrstva vytvořená z titanu, bóru a uhlíku (TiBC), obsahující rovněž nitridy bóru a nitridy titanu, přičemž na střední ochrannou mezivrstvu (TiBC) je nanesena vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu (TiB₂) a ochranná nanokompozitní multivrstva je zakončena horní vrstvou z nitridu titanu (TiN).
2. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že první spodní vrstva z nitridu titanu (TiN) vykazuje tloušťku nepřesahující 0,5 μm.
3. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zakončující horní vrstva z nitridu titanu (TiN) vykazuje tloušťku 0,5 μm.
4. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku (TiBC) je tvořena několika vrstvami umístěnými nad sebou, mezi kterými jsou pravidelně umístěny jednotlivé vrchní ochranné mezivrstvy diboridu titanu (TiB₂), přičemž ochranná nanokompozitní multivrstva je vždy zakončena horní vrstvou z nitridu titanu (TiN), která je umístěna na poslední vrchní ochranné mezivrstvě diboridu titanu (TiB₂).
5. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že ochranná nanokompozitní multivrstva vykazuje tloušťku 2 až 4 μm.
6. Povlakované lisovací nebo tvářecí nástroje z oceli podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že střední ochranná mezivrstva složená z titanu, bóru a uhlíku (TiBC), vrchní ochranná mezivrstva diboridu titanu (TiB₂) a zakončující horní vrstva nitridu titanu (TiN) vykazují tvrdost kolem 42 GPa.

