

FRIKČNÍ NANOKOMPOZITNÍ PVD POVLAK TiC/C

Ing. Ondřej Zindulka

SHM

Společnost SHM ve spolupráci s Ústavem fyzikální elektroniky Masarykovy univerzity v Brně dokončila vývoj a testování tvrdého ořezavzdorného PVD povlaku nc-TiC/a-C:H připraveného vlastní patentovanou technologií, která kombinuje magnetronové naprašování a obloukové odpařování.

Obrábění | www.mmspektrum.com/160525

Průmyslově nejrozšířenějším povlakem ze skupiny MeC/a-C:H povlaků je povlak WC/C, který se aplikuje převážně na komponenty. Povlak TiC/C patří do stejné strukturální skupiny směřuje do jiné oblasti, a to především tváření a obrábění.

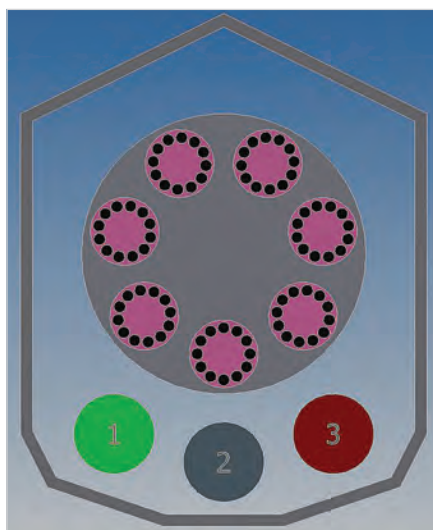
Povlak je velmi atraktivní i díky možnostem přípravy širšího spektra poměrů prvků Ti:C:N s různými výslednými vlastnostmi – od adhezivní vrstvy TiN přes TiCN a TiC s vysokou tvrdostí až po konečnou kluznou variantu TiC/C s nadstochiometrickým obsahem uhlíku. Výsledný povlak kombinuje v principu všechny tyto čtyři vrstvy. Společný vývoj se zaměřil na řešení regulačních algoritmů řízení složení na válcových magnetronech, studium struktury, ověření tvrdostí a praktických aspektů depozice v komerčním měřítku.

Experiment

Povlak TiC/C byl vyvíjen na průmyslovém povlakovacím zařízení Pi411. Vrstva je připravována technologií nízkonapěťového oblouku a magnetronového naprašování v konfiguraci podle obr. 1 z obloukových katod Ti, Al (na pozici 1 a 2) a magnetronové katody Ti (pozice 3). Zdrojem uhlíku je acetylen.

Řídicí algoritmy

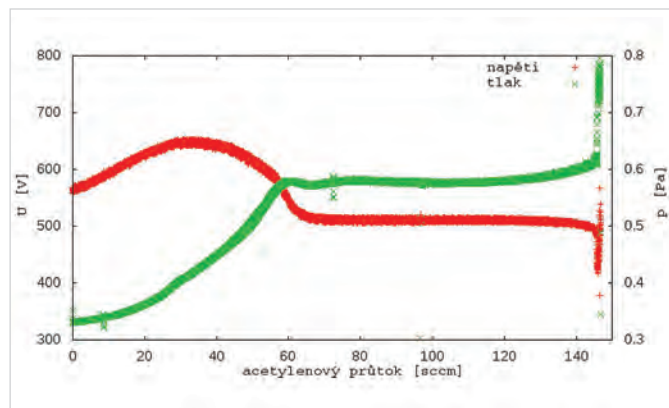
Pro přípravu povlaku byly použity dva nezávislé algoritmy řízení. První pro stechiometrické TiN a druhý pro depozici TiCN-TiC. Jsou založeny na charakteristické změně napětí výboje, resp. procesního tlaku (obr. 2) odpovídající různým



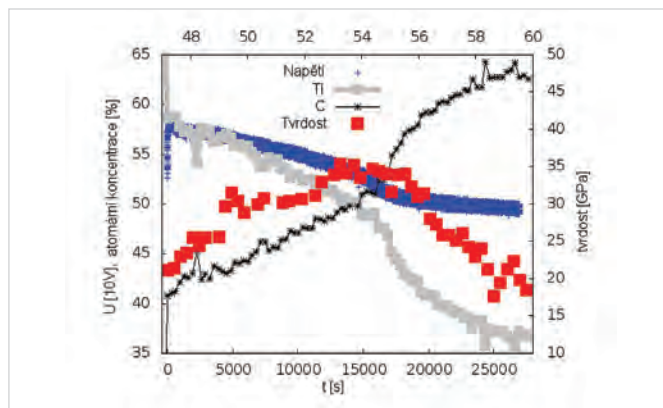
Obr. 1. Konfigurace targetů povlakovacího zařízení Pi 411 použitá pro testy TiC/C

povrchovým stavům magnetronové katody a návazně složení vrstvy. V systému Ti-N₂, resp. Ti-C₂H₂ lze deponovat vrstvy různého složení – od podsycených přes stechiometrické až po přesycené. Řídicí algoritmy umožňují připravit požadované složení nezávisle na opotřebované katod, objemu povlakované vsázky, typech průtokoměrů apod.

Průběh procesních hodnot tlaku, napětí výboje a odpovídající složení Ti:C a tvrdosti je uveden na obr. 3. Všechny pracovní režimy jsou



Obr. 2. Průběh napětí výboje a tlaku pro Ti a C₂H₂



Obr. 3. Průběh napětí výboje, tvrdosti a složení Ti a C₂H₂

v principu odvozeny od bodu nasycení povrchu katody, který je v průběhu napětí výboje a tlaku charakteristický poměrně výraznými změnami jejich trendů. Právě průběžný výpočet změny jejich hodnot je základem řídicích algoritmů obou systémů.

Nejzajímavější jsou hodnoty korespondující s maximem tvrdosti odpovídající v podstatě stechiometrickému složení TiC, které ale leží v nestabilní části výboje a vyžaduje proto již zmíněný řídicí algoritmus. Složení uhlíkem přesycené vrstvy bylo zvoleno na základě frikčních zkoušek (obr. 7).

Vlastnosti povlaku TiC/C

Struktura, složení

Finální architektura povlaku je založena na kaskádě vrstev Ti:C:N kombinující poměrně odlišné vlastnosti jednotlivých vrstev za účelem dosažení velké univerzality povlaku. Složení přechází od čistého TiN přes TiCN a TiC až do vrstvy TiC/C se stechiometrickým nadbytkem uhlíku. Nejvyšší tvrdosti 35 GPa dosahuje část TiCN a TiC, tvrdost vrstvy TiC/C se pohybuje okolo 20 GPa. Standardní tloušťka povlaku je od 2 do 6 μm.

Lom

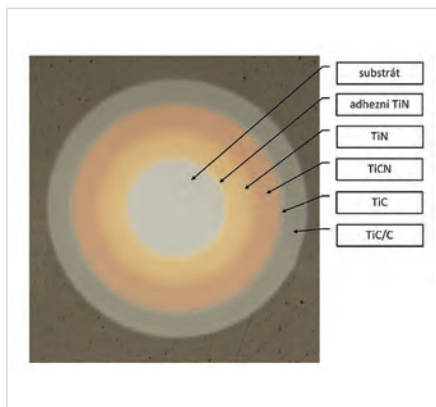
Struktura lomu je typická pro PVD povlaky. Jedná se o poměrně dobře vyvinutou kolumnární strukturu, která náznakem přechází do „glassy“ v závěrečné vysokouhlíkové vrstvě. Funkčnost struktury je široce ověřena i povlaky TripleCoating Cr a TripleCoating Si.

XRD

Při vývoji vrstvy TiC/C byla uvažována hypotéza možné struktury vrstvy ve formě nanokrystalického kompozitu nc-TiC/a-C:H. Hypotéza byla potvrzena XRD analýzou velikosti krystalitů (obr. 6). Pouze pro případ vysokého obsahu C (poměr C/Ti > 2) je velikost krystalitů TiC v amorfni matici C:H okolo 5 nm a lze hovořit o skutečném nanokrystalickém kompozitu. V rozsahu poměrů 0,5 až 1,5 se pohybuje velikost krystalitů nad hranici 10 nm.

Frikce

Frikční chování vrstev TiC/C s různým poměrem C a Ti bylo studováno metodou ball-on-



Obr. 4. Kalota TiC/C

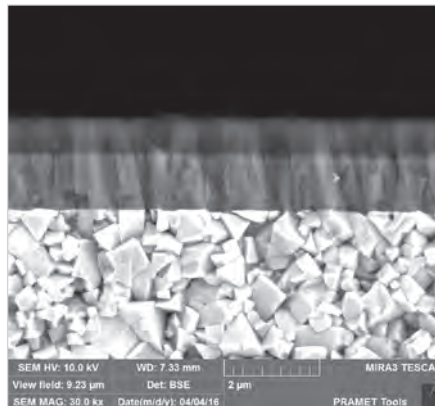
-disc na zařízení CSM. Materiálem kuličky byla ocel 100Cr6, normálová zátěž 5 N a rychlost $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Nejnižších hodnot okolo 0,1 a nejlepšího průběhu dosáhla podle očekávání vrstva s vysokým obsahem uhlíku, která je použita jako závěrečná kluzná vrstva povlaku TiC/C. Rovněž hodnoty 0,3–0,4 pro přibližně stechiometrické TiC jsou velmi příznivé (obr. 7).

Závěr

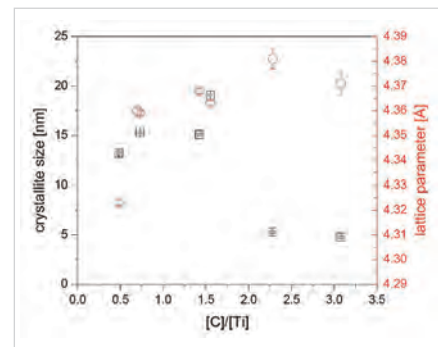
Doménou povlaku TiC/C je tváření a stříhání hliníkových a nerezových plechů. Je alternativou mnohdy provozně velmi komplikova-

ných a aplikačně úzce specializovaných povlaků DLC. V současnosti probíhá závěrečné provozní ověření u zákazníků. Stávající nabídku PVD povlaků SHM rozšíří povlak TiC/C během 1. pololetí 2016. ■

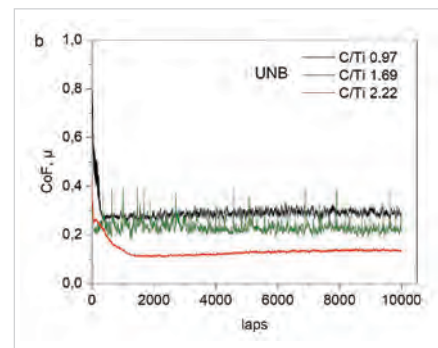
Podklady pro článek byly čerpány z disertačních prací Radka Žemličky: Příprava funkčních vrstev metodami PVD, MU Brno, 2016, a Pavla Součka: Deposition of functional nanocomposite coatings by PVD and their characterisation, MU Brno, 2013.



Obr. 5. SEM lomu povlaku TiC/C



Obr. 6. Velikost krystalitů a mřížkových parametrů stanovených XRD u vrstev s různým poměrem C a Ti



Obr. 7. CoF vrstev s různým poměrem C/Ti