

Moderní metody povlakování nástrojů

Moderní povlakovací metody se staly neodmyslitelnou součástí průmyslové praxe. Pro některé materiály a operace je použití otěruvzdorných a tvrdých povlaků absolutní nezbytností, pro ostatní jsou klíčem k větší efektivnosti a produktivitě.

Pro povlakování vyměnitelných břítových destiček řezných a tvářecích nástrojů se používají v principu dvě metody. Je to CVD (Chemical Vapour Deposition) a druhou je PVD (Physical Vapour Deposition). CVD využívá pro depozici směs chemicky reaktivních plynů (např. $TiCl_3$, CH_4 , $AlCl_3$, apod.), zahřátou na poměrně vysokou teplotu 900–1100 °C. PVD technologie je založena na fyzikálních principech – odpaření nebo odprášení materiálů obsažených v povlaku (Ti, Al, Si, Cr aj.), ionizaci a jejich následném nanesení na nástroje.

PVD technologie nízkonapětového oblouku

Odpařování pomocí nízkonapětového oblouku patří v oblasti povlakování řezných a tvářecích nástrojů k metodám nejméně používaným. Důvodů je několik. Nízkonapětový oblouk je výhodný pro svoji relativně vysokou rychlost odpařování materiálu elektrod a současnou vysokou ionizaci plazmatu. Díky tomu se obloukové technologie v průmyslovém měřítku řadí k technologiím poměrně časově nenáročným. Délky procesů se pohybují v řádu několika málo hodin. Vysoká ionizace plazmatu zase přináší možnosti přípravy povlaků a struktur běžně se v přírodě nevyskytujících. Parametry nízkonapětového oblouku jsou velmi zajímavé. Oblouk hoří na povrchu katody v místě katodové skvrny o průměru řádově 10 μm a dosahuje teploty okolo 15 000 °C. Za těchto podmínek lze odpařit prakticky každý elektricky vodivý materiál.

Princip povlakování lze velmi dobře přiblížit ze schématu PVD

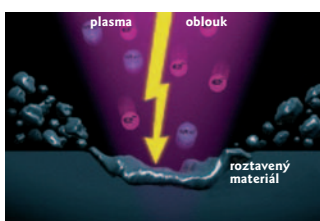


Schéma katodové skvrny

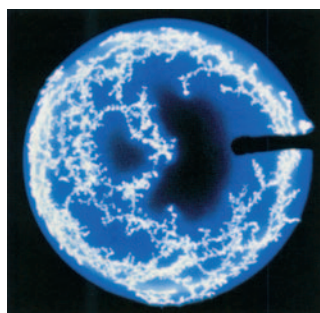
zařízení. Materiál je obloukem odpařován z elektrod a zároveň je jím i ionizován (atomy materiálu se mění z elektricky neutrálních na atomy s nábojem). Ionizovaný materiál (např. Ti^+ , Ti^{2+} atd.) je urychlován směrem k nástrojům záporným předpětím, které je na ně přiloženo. Cestou ionizuje ještě atomy plynné atmosféry (např. N_2 , Ar, ..). Ionizované atomy po dosažení povrchu nástrojů vytvářejí povrchovými reakcemi vlastní deponovanou vrstvu.

Technologie pro přípravu nanokrystalických kompozitů

Podstata metody je zřejmá. Tím, čím se liší obloukové technologie poskytované jednotlivými výrobci PVD zařízení, je především míra kontroly vlastností oblouků, uspořádáním povlakovací komory a know-how z oblastí materiálového inženýrství, které přímo ovlivňují finální vlastnosti povlaků. Jedním z měřítek úrovně povlakovací technologie může být i schopnost připravovat vyspělé struktury, jako např. nanokrystalické kompozity či nanostrukturované vrstvy.

Podstatou přípravy nanokrystalických kompozitů, např. $nc-(Ti_{1-x}Al_x)N/a-Si_3N_4$, je splnění požadavku na řízené odpaření velkého množství částic a jejich velkou ionizaci. Tato podmínka platí nejenom

pro materiál elektrod, ale i pro částice atmosféry. Obě lze splnit využitím poměrně silného magnetického pole, které potřebným způsobem ovlivní hoření oblouků při relativně vysokých parciálních tlacích reak-



Obrázek pohybu katodové skvrny

ních atmosfér. Jednoduché, ale... Konvenční PVD zařízení jsou vybavena tzv. planárními elektrodami (plochými, ve tvaru desek či malých kruhů) a na nich při použití silného magnetického pole dochází k nadměrné a soustředěné erozi a k jejich podstatně dřívějšímu vyřazení z procesu. Silné magnetické pole rovněž redukuje tvorbu makročástic, a tím je i výhodné z hlediska vrstev se sníženou drsností. Problém eroze však lze technicky velmi elegantně vyřešit pomocí rotujících válcových elektrod, jejichž účinná plocha je v podstatě π krát větší a díky rotaci nedochází ke zmíněné statické erozi. Řešení válcových elektrod splnilo

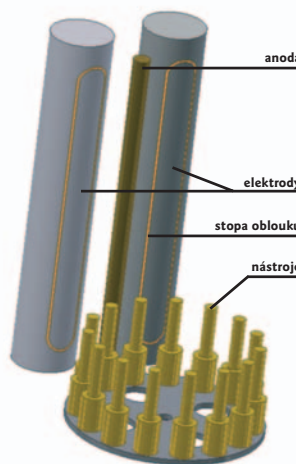
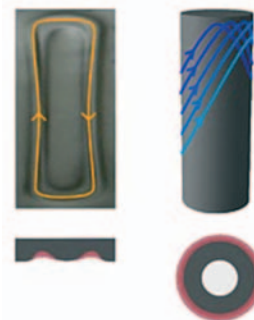


Schéma PVD zařízení

podmínku přípravy nc-vrstev TiAl-SiN při současném prodloužení životnosti targetů.

Uspořádání povlakovacích komor

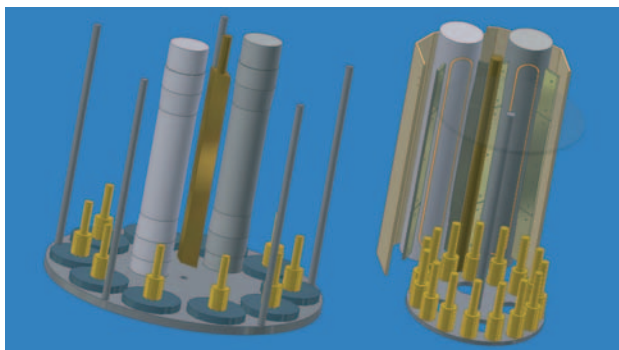
Vnitřní aranžmá povlakovací komory s využitím rotujících válcových elektrod může být v principu trojí. Elektrody mohou být v zařízení umístěny ve středu komory, centrálně k povlakovým nástrojům anebo vně nástrojů, např. ve dveřích komory. Poslední variantou je kombinace centrálního a bočního umístění. V různých pozicích se navíc může měnit i počet targetů. Pro přípravu složitějších a vícekomponentních povlaků není výjimkou použití dvou, tří i čtyř různých targetů, mnohdy i s odlišnou funkcí. Například již užití dvou elektrod je velmi zásadní. Různými hodnotami prou-



Planární a válcový target

du na elektrody a jejich poměrů lze měnit stechiometrii, rychlost růstu a částečně i drsnost vrstev bez fyzické výměny materiálu elektrod. Takto se připravuje základní struktura povlaků na úrovni – mono-, multi- a gradientních vrstev.

Zmíněná rotace nástrojů vykonávaných planetový pohyb je rovněž velmi důležitým parametrem, ovlivňujícím řezný výkon povlaků. Synchronizací rychlosti rotace ve vztahu k proudům na elektrody lze dosáhnout z hlediska tvrdosti optimalizované tloušťky nanovrstev (nanomultivrstev) cca 5–7 nm. V současnosti průmyslově využívané vrstvy jsou už většinou kombi-



Zařízení s centrálně a bočně umístěnými targety

nací základních struktur. Sestávají mnohdy i z desítek mono-, multi- a gradientních vrstev různých parametrů sladěných podle nároků předpokládané aplikace. Pro přesné řízení depozice je již naprosto nezbytné používat počítačem řízené systémy.

Povlakovací cyklus

Nejenom samotné vrstvy jsou základem funkčního povlaku. Povlakovací cyklus je mnohem komplexnější. Když pomineme technologicky poměrně náročné kroky předpřípravy nástrojů, ke kterým patří např. pískování, stripping, čištění či naklá-

ný materiál s dostatečně vysokou popouštěcí teplotou.

Vlastnosti povlaků

V historických počátcích se PVD technologie potýkala s problémem nedostatečné adheze povlaku k podkladovému materiálu. Povlak se při nasazení nástrojů jednoduše oloupal. V porovnání s CVD technologií nevzniká vůbec nebo jen velmi omezeně difuzní spojovací vrstva, zůstává ostré rozhraní a adhezní síly jsou realizovány fyzikálním způsobem. Oblouková technologie řeší vyhovující adhezi v několika krocích: odply-

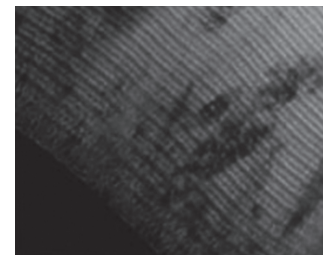
Součástí výkonových vrstev se stávají vrstvy povrchové. V současnosti se již opouští od vzhledového TiN, který je pro výkonové aplikace nahrazován povlaky tmavými. Pověštinou se jedná o povlaky na bázi AlTiN se zvýšeným obsahem Al. V povrchové části se nanáší např. i vrstvy kluzné.

Parametry PVD povlakovacího cyklu

Typické parametry PVD povlakovacího cyklu využívajícího nízkonapěťový oblouk jsou: průměrná kapacita 3,5 – 5 tis. VBD nebo 150 – 300 ks osových nástrojů o průměru 12 mm, procesní tlaky 0,5 – 3 Pa, teploty 400 – 550 °C, proudy oblouků 50 – 450 A. Délka celého cyklu je pak v průměru 2 – 5 h při celkové tloušťce vrstvy 3 – 5 μm.

Podobně jako jiné technologie, i PVD technologie nízkonapěťového oblouku je předmětem neustálého vývoje a pokroku. Mezi nejzajímavější dlouhodoběji řešené praktické problémy se řadí příprava nových, tepelně, chemicky a mecha-

nicky stabilních systémů, zvýšení intenzity plazmatu, stabilita a reprodukovatelnost řízení oblouků a procesů, vliv geometrie naložení vsázky na rovnoměrnost vrstev apod. Vývoj povrchových technologií je poměrně složitou a nákladnou záležitostí. Firma SHM se v této oblasti nespolehá pouze na vlastní možnosti, ale v rámci tuzemských i mezinárodních projektů úzce spolupracuje

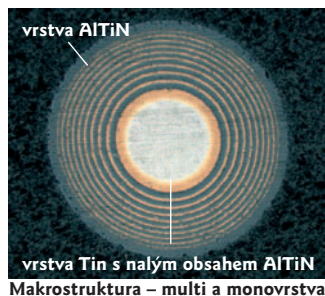


TEM nanovrstva

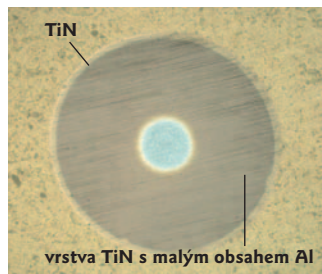
s celou řadou specializovaných pracovišť. Jako jediné, v rámci naší republiky, se jí daří vyvíjet vlastní obloukovou technologii a celosvětově nabízet komerční PVD povlakovací zařízení. Firma rovněž nabízí komplexní služby, spojené s povlakováním nástrojů.

Ing. Ondřej Zindulka

placená inzerce



vrstva AlTiN
vrstva TiN s malým obsahem AlTiN
Makrostruktura – multi a monovrstva



TiN
vrstva TiN s malým obsahem Al

dání, lze samotný povlakovací cyklus rozdělit na odčerpání komory, ohřev, procesní čištění, depozici adhezních a výkonových vrstev a závěrečné chlazení.

Oblouková technologie pracuje s teplotami 400 – 550 °C. Tyto relativně vysoké teploty jsou nutné především pro termodynamicky řízené procesy růstu vrstev. Typickým příkladem může být depozice již zmíněných nanokrystalických kompozitů, které vznikají spinodální dekompozicí. Tento děj je velmi citlivý na teplotu. Při nižších teplotách není dekompozice dokončena a povlak bude vykazovat nižší tepelnou a mechanickou stabilitu. Pokud má být nástroj povlakován obloukovou technologií, je nezbytné při jeho konstrukci zohlednit také vhod-

něním nástrojů při ohřevu (550 °C) a evakuaci (10^{-3} Pa) a následně iontovým čištěním s využitím doutnavého výboje a iontového leptání. Obojí poskytuje téměř dokonalé očištění povrchu nástrojů na atomární úrovni. V posloupnosti posledním krokem k dosažení vyhovující adheze povlaku je depozice adhezních vrstev. Pověštinou je využíváno různých modifikovaných TiN či CrN vrstev.

O struktuře výkonových vrstev jsme se již zmínili výše. Vývoj přinesl v této oblasti třeba i takové lahůdky, jako jsou vrstvy o tloušťce až 100 μm (s řízeným vnitřním napětím), povlak s drsností na úrovni magnetronového naprašování (R_a okolo 0,05 μm při 2 μm tloušťce povlaku) a vrstvy bez obsahu Ti na bázi AlN nebo AlSiN.

+49 61 23/698-222
www.krautzberger.com

Krautzberger
... všechno ostatní je hračka!

Vstřikovací přístroje
Zařízení pro lakování
Kontejnery na materiál
Zvedací zařízení
Čerpadla
Regulátory/armatury
Větrací technika
Příslušenství

100 let firmy KRAUTZBERGER

Krautzberger