

## NOVICE

### Nova sodobna naprava za nanos trdih PVD-prevlek v Centru za trde prevleke na Institutu "Jožef Stefan"

V začetku meseca maja letos smo v Centru za trde prevleke na Institutu "Jožef Stefan" instalirali novo sodobno napravo za nanos trdih PVD-prevlek **CC800/9 sinOx ML**. Vrednost investicije (nakup naprave in gradnja vse potrebne infrastrukture) je bila blizu milijon evrov. Napravo smo kupili z lastnimi sredstvi, ki smo jih pridobili predvsem z delom za industrijo. Uporabljali jo bomo za raziskovalno-razvojno delo in za servisiranje industrije. Naprava, ki deluje po principu enosmernega ali pulznega

naprševanja, je najsodobnejša te vrste na svetu. Z vidika raziskovalnega dela in servisiranja industrije nam nova naprava omogoča perspektivo vsaj v naslednjih desetih letih.

Razvoj novih inovativnih postopkov obdelave sodobnih materialov (npr. visokohitrostna in suha obdelava, obdelava v trdo) zahteva nenehen razvoj orodnih materialov in postopkov njihove zaščite. Novejši razvoj na tem področju je usmerjen v pripravo zelo kompaktnih, gladkih, nanoplastnih in nanokompozitnih trdih zaščitnih prevlek s spremenljivo debelino. Osnova večine najnaprednejših trdih prevlek je še vedno TiAlN. Če je vsebnost Al več kot 65-odstotna, potem se na mejah kristalnih zrn izloča sekundarna faza (AlN). Tako nastane nanokristalinična struktura, ki ima boljše mehanske in termične lastnosti. Z dodajanjem drugih elementov, kot so npr. Cr, B, Si, Y, Hf in V, lahko bistveno izboljšamo njihovo oksidacijsko in termično stabilnost.

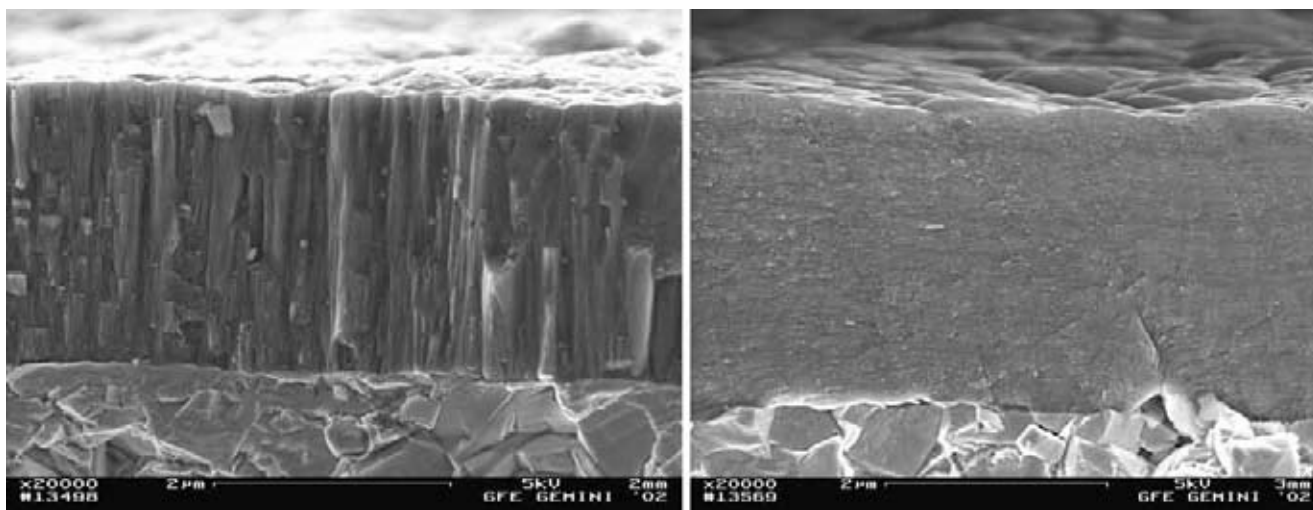
Kvaliteta in učinkovitost trdih PVD-prevlek pa ni odvisna samo od sestave, ampak v veliki meri od načina njihove priprave. Uporabniki trdih prevlek morajo biti pozorni na podatek, kako je bila izbrana prevleka narejena. V industrijski proizvodnji se v osnovi uporabljajo trije fizikalno različni postopki nanašanja (naparevanje s termoionskim lokom, naparevanje s katodnim lokom, naprševanje) in vrsta njihovih modifikacij oz. hibridov. To je razlog, da je danes pod najrazličnejšimi imeni komercialno dosegljivih več kot 60 različnih trdih zaščitnih prevlek. Za vsakogar, ki ni strokovnjak za PVD-prevleke, postaja to področje vse bolj nepregledno.

Nova naprava nam omogoča nanos t. i. **superni-tridnih prevlek**. Bistvo postopka je v povečani stopnji ionizacije delcev med nanašanjem. To lahko dosežemo z optimizacijo magnetnega polja pred tarčo, z dovajanjem plina skozi t. i. votlo anodo, predvsem pa tako, da na tarče dovajamo energijo v kratkih, vendar zelo močnih pulzih (pulzno nanašanje). Pri velikih močeh na tarči nastane pred njo zelo intenzivna plazma, v kateri so nabiti delci z energijo, ki je bistveno večja od energije nevtralnih delecev. Zaradi večje energije uparjenih delecev je mikrostruktura prevleke bolj finostrnata in kompaktna.

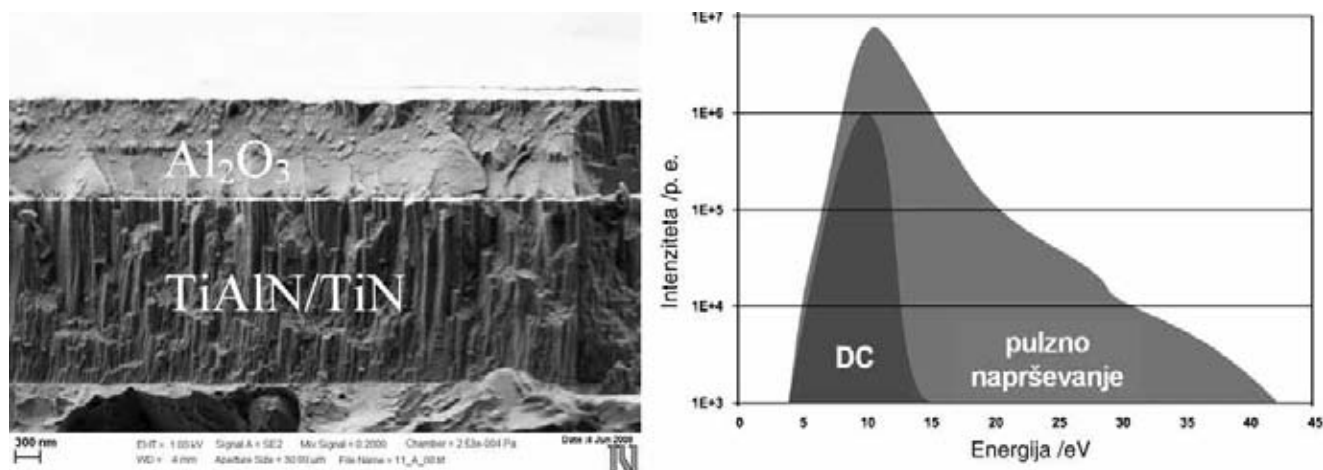
Da bi zagotovili dobro adhezijo in primerno mikrostrukturo, si pri klasičnih postopkih pomagamo s



**Slika 1:** Nova naprava CC800/9 sinOx ML (zgoraj) in transport le-te v prvo nadstropje zgradbe v Domžalah, v kateri je Center za trde prevleke (spodaj)



Slika 2: Klasična prevleka TiAlN s stebričasto mikrostrukturo (levo) in nanokompozitna supernitridna prevleka (desno)



Slika 3: Kombinacija nanoplastne prevleke TiAlN/TiN in aluminijoksidne prevleke (levo) ter energijska porazdelitev razpršenih delcev pri klasičnem in HPPMS-naprševanju (desno)

t. i. prednapetostjo ("bias") na podlagah. Pri tem z negativno napetostjo na podlage pospešimo vse ione iz plazme. Neželen stranski učinek takšnega obstreljevanja so defekti in velike notranje tlačne napetosti v prevleki, ki omejujejo največjo debelino PVD-prevlek. V novi napravi CC800/9 sinOx ML namesto konstantne prednapetosti na podlagah uporabljamo pulzno. Tako se izognemo prebojem, ki so razlog za nastanek različnih mikrodefektov na podlagah in v prevleki.

Supernitridne prevleke so torej finostrnate (njihova površina je zato bolj gladka, trenje pa manjše), imajo nanostrukturirano morfologijo, njihova oprijemljivost na podlage je boljše, notranje tlačne napetosti pa so manjše. Odlikujejo se tudi z večjo kemijsko stabilnostjo ter boljšo oksidacijsko in termično obstojnostjo. Tudi trdota v vročem je višja. Ker so notranje tlačne napetosti manjše, lahko pripravimo debelejšje prevleke, ki bolje zaščitijo orodni material pred termičnimi

obremenitvami in obrabo. Pri rezalnih postopkih so določene notranje tlačne napetosti želene. To velja zlasti za postopke rezanja s prekinitvami. Prevleke za zaščito svedrov in navojnih vreznikov pa morajo imeti čim manjše notranje napetosti. Prevleke z gladko površino so zelo učinkovite pri zaščiti tistih rezalnih orodij, kjer so težave z odstranjevanjem odrezkov.

Za nanos kvalitetnih prevlek je pomemben tudi način priprave čiste površine orodja. Zadnji postopek čiščenja je ionsko jedkanje tik pred nanosom prevleke. Glede na način ionskega jedkanja se naprave za nanos trdih prevlek bistveno razlikujejo. V novi napravi lahko poleg visokofrekvenčnega jedkanja uporabimo tudi jedkanje s t. i. votlo anodo, ki bistveno poveča stopnjo ionizacije inertnih plinov, ki se uporabljajo za čiščenje. Bistvo postopka je v tem, da delovni plin uvajamo skozi votlo anodo, kjer se prižge plazma. Tako lahko bistveno povečamo gostoto ionov oz. izboljšamo učinkovitost jedkanja.

Nova naprava lahko deluje v treh režimih:

- a) kontinuirno naprševanje pri enosmerni napetosti na tarči;
- b) nekontinuirno pulzno naprševanje pri majhni moči na tarči in
- c) nekontinuirno naprševanje pri velikih močeh na tarči (HPPMS).

Novi pulzni postopki nanašanja omogočajo tudi nanos  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in drugih oksidnih prevlek. Spekter trdih prevlek, ki jih lahko pripravimo, je praktično neomejen. Kristalinična visokotemperaturna faza  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je zelo primerna za zaščito ploščic za struženje, kjer se zahteva velika termična obstojnost. S pulznim naprševanjem lahko nanašamo trde prevleke na električno neprevodne podlage (npr. kermete) in na temperaturno občutljive podlage.

Najnovejša izvedba pulznega nanašanja pri visoki moči (**HPPMS** – high-power pulsed magnetron sputtering) omogoča vršno električno moč do enega megavata, vendar samo za zelo kratek čas (nekaj deset mikrosekund). Sledi daljši interval brez plazme (nekaj deset milisekund). Pri klasičnem postopku naprševanja se kovinska tarča razpršuje pretežno v obliki nevtralnih atomov (delež ionov je  $<1\%$ ). Delci, ki razpršujejo tarčo, so ioni delovnega plina (Ar, Kr). Za HPPMS-naprševanje pa je značilno, da se skoraj vsi

uparjeni atomi iz izvira pri prehodu skozi zelo intenzivno plazmo, ki nastane pri veliki električni moči na tarčo, ionizirajo. Razpršeni kovinski delci so torej pretežno ionizirani (do 70 %). Delci, ki razpršujejo tarčo, pa so tako ioni delovnega plina (Ar, Kr) kot kovinski ioni. S fizikalnega vidika je bistvena razlika med klasičnim in HPPMS-naprševanjem tudi energijska porazdelitev razpršenih delcev, ki ima vrh pri bistveno višji energiji kot pri klasičnem postopku (sl. 3 desno). HPPMS-naprševanje ima naslednje prednosti:

- možnost nanosa gostih plasti z zelo gladko površino (tudi na podlage s komplicirano geometrijo);
- omogoča kontrolo smeri razpršenih ionov in njihove energije; zato je možna kontrola kemijske in fazne sestave prevlek;
- možnost nanašanja zelo kvalitetnih oksidnih plasti;
- oprijemljivost prevlek je boljša.

Slaba stran HPPMS-postopka pa je precej manjša hitrost nanašanja prevleke.

dr. Peter Panjan  
 Institut "Jožef Stefan"  
 Jamova 39, 1000 Ljubljana