

UVOD

Tankoplastne tehnologije so že dolgo vezane na uporabo vakuumu, saj miniaturizacija komponent zahteva čiste in kar najbolj natančno določene okoliščine med izdelavo. Sodobni postopki seveda močno prekašajo osnovne tehnike naparevanja izpred četrto stoletja. Glavna naloga pri pripravi določenega tankoplastnega elementa je: zagotoviti zahtevane karakteristike in njihovo stabilnost. S tem sta povezani predvsem struktura in sestava izbranega materiala pa tudi oprijemljivost s podlago. Naštete lastnosti so v veliki meri odvisne od postopka priprave, zato pogosto uporabljamo specializirane naprave, ki sicer temeljijo na splošnih načelih izbranega postopka, številne podrobnosti pa jim omejujejo širšo uporabnost.

Poleg mikroelektronike in optike, kjer so tanke plasti že dolgo nepogrešljive, so se v zadnjem desetletju uveljavile tudi v novih panogah (metalurške prevleke, tribološke plasti,...). Deloma je to posledica silovitega razvoja postopkov za nanašanje, pri tem pa ima zelo pomembno mesto uporaba plazme oz. ioniziranega plina, s katerim lahko učinkovito vplivamo na lastnosti rastoče plasti.

PLAZMA V SODOBNIH TANKOPLASTNIH TEHNOLOGIJAH

Plazma je ioniziran plin, ki je navzven nevtralen. Ker vsebuje električno nabite delce, nanjo razmeroma enostavno vplivamo z električnim in magnetnim poljem. Delovni tlaki, ki so tehnološko zanimivi, so v območju med 10^{-4} in 10^{-1} mbar.

Najenostavnejši primer uporabe plazme pri nanašanju plasti je katodno naprševanje. Kot alternativa naparevanju se je uveljavilo predvsem v mikroelektroniki. Osnovna značilnost naprševanja je možnost nanašanja na velike površine. Tipičen delovni tlak plina je 10^{-2} mbar, ponavadi delamo z argonom. Z električnim poljem usmerimo argonove ione na površino tarče oz. materiala, ki ga želimo nanašati. Izbiti atomi se nalagajo v okolici. Z magnetnim poljem lahko znatno povečamo hitrost nanašanja. Za kovine navadno uporabljamo enosmerno napetost, dielektrike pa napršujemo v radiofrekvenčnem režimu. Druga, bolj razširjena možnost je nanašanje v reaktivni atmosferi. Tu argonu dodamo reaktiven plin (npr. kisik) z delnim tlakom okrog 10^{-4} mbar in razpršujemo kovinsko tarčo.

Za nanašanje plasti lahko uporabimo tudi razprševanje z ionskim curkom. V zadnjih letih se uveljavlja še erozija tarče s katodnim lokom. V slednjem primeru plazemski lok potuje po površini tarče. Zaradi lokalnega segrevanja material izpareva v okolico. Posebnost postopka je razmeroma velika ionizacija izparelih atomov.

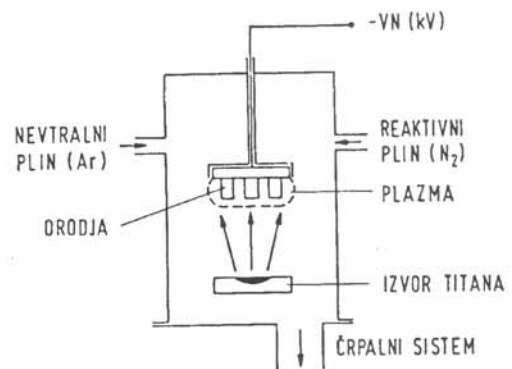
Plazmo pogosto uporabljajo tudi za pospeševanje reakcije pri kemijskem nanašanju iz parne faze (CVD-chemical vapour deposition). CVD postopek poteka pri visoki

temperaturi in normalnem tlaku. Če si pomagamo s plazmo, je lahko delovna temperatura nižja, delovni tlak pa v območju okrog 10^{-1} mbar.

Na rast plasti, torej predvsem na strukturo, lahko ob prisotnosti plazme vplivamo z električno prednapetostjo na podlagi. Ioni, ki med nanašanjem obstreljujejo podlago oziroma plast, spremenijo površinsko gibljivost atomov. Tako lahko izboljšamo oprijemljivost s podlago in lastnosti plasti. V kombinaciji s plazmo so tudi tradicionalni postopki naparevanja dobili nov pomen zaradi dodatnih možnosti uporabe.

IONSKO PREKRIVANJE

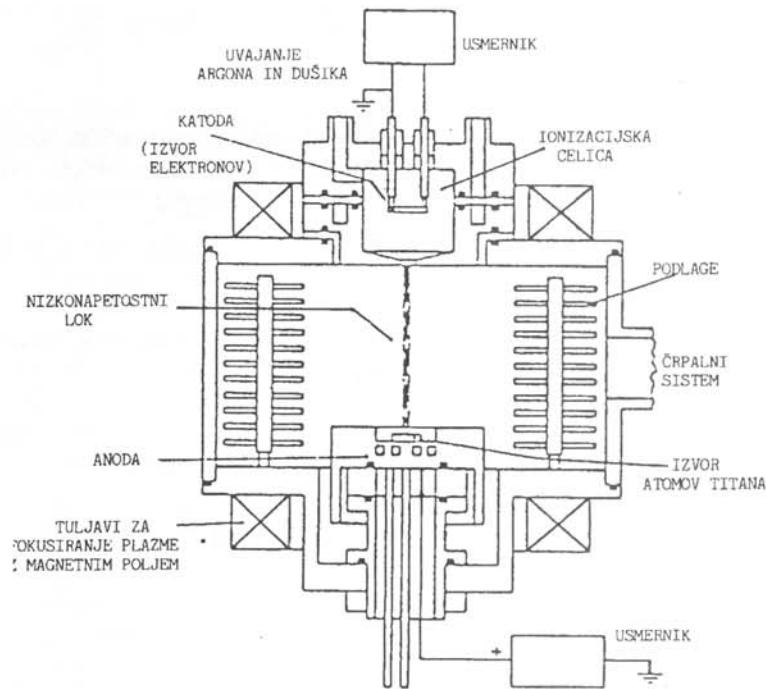
Začetki ionskega prekrivanja segajo v sredino šestdesetih let. V osnovi postopka je najvažnejša ravno uporaba plazme za ionizacijo atomov, ki jih nanašamo in električnega polja za pospeševanje le-teh proti površini podlage. Razvijali so ga v želji, da bi izboljšali oprijemljivost plasti s podlago. Prvotno je bil postopek vezan na naparevanje, kasneje pa so se razvile še variante z naprševanjem in tudi s katodno erozijo. Shematično je sistem za ionsko prekrivanje prikazan na sliki 1. Najpogosteje je izvir za naparevanje segrevan z elektronskim topom, plazmo okrog podlage pa lahko vzpostavimo na različne načine. Ponavadi moramo poskrbeti za ločeno črpanje ob izviri, ki zahteva delovni tlak pod 10^{-4} mbar, medtem ko imamo tlak v plazmi ob podlagi približno 10^{-3} mbar. Pomembna faza v postopku je ionsko čiščenje površine neposredno pred nanašanjem plasti. Čista površina je namreč osnovni pogoj za dobro oprijemljivost in kvalitetno plast.



Slika 1: Shema sistema za ionsko prekrivanje

TRDE PREVLEKE NA ORODJIH

Klasična orodja ne zadoščajo več tehnološkim zahtevam sodobne obdelave materialov. Osnovna ideja trdih prevlek na orodjih je: združiti optimalno žilavost in trdnost podlage z izjemno trdoto plasti v novo orodje, ki bo zmožno kvalitetnejše, hitrejše in cenejše obdelave. Trde prevleke so znane na orodjih iz karbidne trdine že približno dvajset let. V široki uporabi se je uveljavil



Slika 2: Shema naprave za reaktivno ionsko prekrivanje orodij z nizkoenergijskim elektronskim topom (Balzers, Liechtenstein)

predvsem titanov nitrid in še nekatere večplastne kombinacije. Nanašajo jih kemijsko iz parne faze pri temperaturi okrog 1000 °C. Za orodja iz hitroreznih jekel, ki ne prenesejo tako visoke temperature in za brušene karbidne trdine pa je primerno ionsko prekrivanje s titanom v prisotnosti neaktivnega dušika. V zadnjem času potekajo zelo intenzivne raziskave ternarnih sistemov Ti-C-N in Ti-Al-N z obetavnimi rezultati (še večja obrabna obstojnost, kemijska stabilnost do 800 °C), vendar še brez zanesljivih potrditev v industriji.

REAKTIVNO IONSKO PREKRIVANJE ORODIJ S TITANOVIM NITRIDOM

Reaktivno ionsko prekrivanje uvrščamo med fizikalne postopke za nanašanje plasti (PVD - physical vapour deposition). Znanih je nekaj tehnoloških različic za nanašanje titanovega nitrida, ki se ponašajo z različnim uspehom v industrijski uporabi. Prve in doslej še ne presežene industrijske naprave so se pojavile na trgu v začetku osemdesetih let. Temeljijo na izparevanju titana z nizkoenergijskim elektronskim curkom. Takšno napravo imajo tudi v Centru za trde prevleke, ki deluje od 1985 v Domžalah. Shematično je sistem prikazan na sliki 2. Elektroni iz nizkoenergijskega izvira segrevajo titan, da izpareva, obenem pa še povečujejo stopnjo ionizacije v plazmi okrog orodij. Orodja lahko neodvisno od drugih delov sistema priključimo na električno napetost. Argon uvajamo v sistem skozi elektronski izvir, da mu podaljšamo življenjsko dobo, dušik pa neposredno v komoro. Naprava je seveda opremljena z vrsto kontrolnih in varnostnih elementov, ki omogočajo polavtomatsko delovanje. V novejših aparaturnah je celoten proces voden z računalnikom.

Brezhibno toplotno in mehansko obdelano orodje je primerno za prekrivanje, če brez škode prenese pregrevanje na 500 °C. To pomeni, da moramo izločiti navadna orodna jekla za delo v hladnem in spajkana orodja, če spajka vsebuje cink ali kadmij. Pred vstavljanjem v vakuumsko komoro jih temeljito očistimo (detergent in ultrazvok, voda, freon). Prvi del postopka je segrevanje na visoko temperaturo. S tem dodatno očistimo površino in dosežemo, da so okoliščine primerne za rast plasti s pravilno strukturo. Po zaključnem ionskem čiščenju je najprej na vrsti nanašanje tanke titanove plasti (približno 100 nm), ki izboljša oprijemljivost, nato pa začnemo uvajati v sistem dušik. Ob pravilno izbranih parametrih poteka reakcija na površini podlage. Nitridna plast je na orodjih ponavadi debela 2 do 4 µm, odvisno od namena uporabe. Poseben problem je enakomerno prekrivanje kompleksnih oblik. "Prava" plast ima značilno zlato barvo, veliko mikrotredo (okrog 2300 HV, hitrorezna jekla imajo okrog 850 HV, karbidne trdine okrog 1500 HV) in majhen koeficient trenja. Odlikuje jo kemijska stabilnost in izredna obrabna obstojnost, ki podaljša življenjsko dobo orodij za 300 do 2000 % pri poostrenem režimu dela. Struktura plasti je odvisna od izbranega postopka. Ugodno je, če so plasti drobnozrnate. Stehiometrična sestava TiN daje najboljšo obrabno obstojnost. Plasti s sestavo Ti₂N so sicer trše, vendar bolj krhke in manj obrabno obstojne.

Vakuum, reaktivna plazma in visoka temperatura so torej glavne značilnosti oplemenitenja orodij s trdo prevleko iz titanovega nitrida. Nova orodja predstavljajo pravo revolucijo v tehnologiji obdelave materialov pa tudi lep primer povezanosti sicer zelo različnih področij v znanosti in tehnologiji.

A. Žabkar, dipl.ing., IJS, Ljubljana