

POVRŠINSKA ZAŠČITA OPTIČNIH VLAKEN

Jože Brvar

1. UVOD

Površino optičnih vlaken, ki se uporabljajo v telekomunikacijah, je treba zaščititi s polimernimi masami, zato da dosežemo zadovoljivo mehansko trdnost, podaljšamo življenjsko dobo (najboljša zaščita zagotavlja delovanje vlaken tudi prek 30 let), da zmanjšamo možnost preostrega zvijanja vlakna, in da povečamo obstojnost na abrazijo. Materiali za zaščito morajo torej ustrezati različnim fizikalnim in kemijskim kriterijem zaradi posebnih tehnik nanašanja in zaradi vpliva na zahteve končne karakteristike svetlobnih vodnikov. Na primer: steklo morajo dobro omakati, imeti morajo dobro oprijemljivost, njihovi polimeri pa morajo biti kemijsko odporni, še zlasti proti nabrekanju, ki nastopa ob prisotnosti vode. Pod vplivom UV svetlobe ali toplote morajo hitro polimerizirati, kar omogoča velike hitrosti vlečenja. Tem zahtevam ustrezajo: akrilati, imidi, nekateri acetati, delno silikoni in njihovi ustrezno modificirani produkti. Na steklena vlakna se nanašajo med postopkom vlečenja in sicer v enem ali več slojih.

V področju za optične komunikacije Centra za elektrooptiko smo razvili tehnike za nanos enojne silikonske in polimidne ter dvojne akrilatne zaščite. Največ vlaken zaščitimo z uretan in epoksi akrilati, medtem ko silikonsko zaščito uporabljamo le za specifične zahteve.

2. SILIKONSKA ZAŠČITA

Kemijsko gledano so to dvokomponentni pripravki, raztopine alkilsilanov v reaktivnih topilih. Njihove polimere odlikujejo velika inertnost na vlagu, skoraj zanemarljiva depolimerizacija in možnost spreminjanja lomnega količnika v širokem območju. Ta je lahko višji od kvarčnega stekla, kar omogoča zaščito vlaken s profiliranim steklenim jedrom, ali pa nižji od kvarca, kar pa omogoča izdelavo PCS vlakna (plastic clad silica).

Masovnejšo uporabo silikonov, kot primarno zaščito omejujejo:

- * relativno dolgi časi utrjevanja (15 min pri temperaturi 150° C), kar omejuje hitrost vlečenja vlakna,
- * lepljiva površina zaščite, kljub popolni zamre-

žitvi, kar predstavlja težave pri previjanju in kabliranju,

- * SiH skupine so potencialni izvor H⁺ ionov, ki vplivajo na povečanje dušenja v vlaknu.

3. POLIMIDNA ZAŠČITA

Poliimidi so novejši materiali, ki polimerizirajo pri relativno visokih temperaturah (350° C). Zaščitni filmi so zelo tanki (2 - 5 μ m) in niso optično aktivni. Vlakna, zaščitena s temi premazi, se uporabljajo v aplikacijah pri povišanih temperaturah (do 600° C). Čistost in homogenost tega materiala je še vedno vprašljiva, kar se odraža na poslabšanih mehanskih lastnostih tako zaščenega vlakna.

4. AKRILATNA ZAŠČITA

Polimerni sistem z akrilatnimi funkcionalnimi skupinami so za zaščito optičnih vlaken najustrežnejši pa tudi najbolj raziskani. Utrjujejo pod vplivom UV svetlobe, v nasprotju s silikoni polimerizirajo zelo hitro (čas popolne konverzije je 1 s pri dovedeni energiji 3 J/cm²), kar dopušča velike hitrosti vlečenja (do 300 m/min). Po utrjevanju so zaščitni sloji nelepljivi, trdni in stabilni v zahtevanem temperaturnem območju od -65° C do +80° C. Zaradi nelepljive in gladke površine akrilati povsem ustrezajo tako pogojem masovne proizvodnje optičnih vlaken kot zahtevam modernega kabliranja. Tipične akrilatne zaščitne premaze sestavljajo:

- * oligomerne komponente, ki predstavljajo osnovo premazov in se lahko razlikujejo po strukturi glavne verige, funkcionalnosti in molekularski teži (epoksi, poliestri, polietri, poliester-uretan, polieter-uretan). Le-ti so zaestreni z akrilno kislino, oz. obdelani z diizocianatom ali hidroksiakrilatom.
- * aktivna razredčila, ki so lahko mono- ali večfunkcionalna, znižujejo viskoznost premaznega sistema in z oligomerom utrjujejo. Takšna aktivna razredčila so lahko: trimetilpropen triakrilat, heksandiol diakrilat, trietilenglikol akrilat, neopentilglikol diakrilat, tetraetilenglikol diakrilat, hidroksietil akrilat, etoksietil akrilat, N-vinilpirolidon, itd.
- * fotoiniciatorji: pod vplivom svetlobe (λ = 300 - 400 nm) tvorijo proste radikale, ki sprožijo

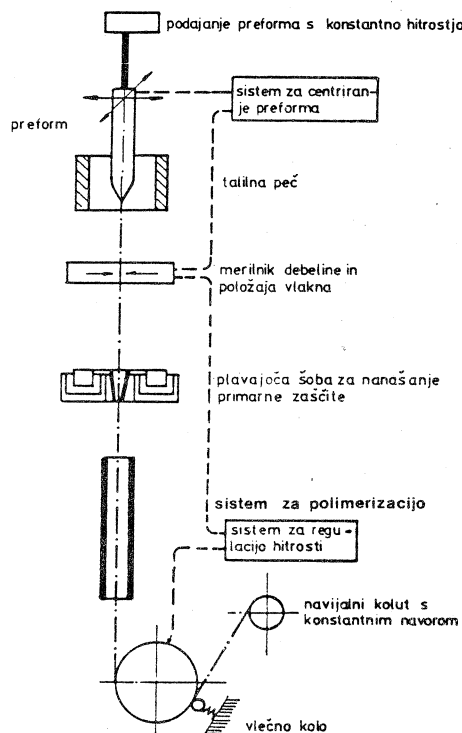
polimerizacijo in nadaljnje zamreženje. Izbira tipa in koncentracije bistveno vpliva na potek in stopnjo polimerizacije, s tem pa tudi na fizikalne lastnosti polimera (trdoto, raztezek, natežno trdnost, elastični modul, T_g , itd). Takšni fotoiniciatorji so: benzoinizopropileter, dietoksiaetonfenon, benzildimetil ketal, benzil-O-etoksikarbonil monoksim, benzofenon/N-N dimetil etanol amin.

- * inhibitorji, ki preprečujejo polimerizacijo v času skladiščenja in nanašanja (monoetileterhidrokinon, hidrokinon, ferotiazin).
- * dodatke za uravnavanje tečenja
- * dodatke za adhezivnost
- * dodatke za prenos polimerne verige
- * dodatke za površinske efekte
- * mehčala
- * druge reaktivne dodatke
- * barvila

S kombinacijo vrste in količine naštetih komponent lahko pod enakimi pogoji polimerizacije dobimo celoten spekter utrjenih premazov z različnimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi.

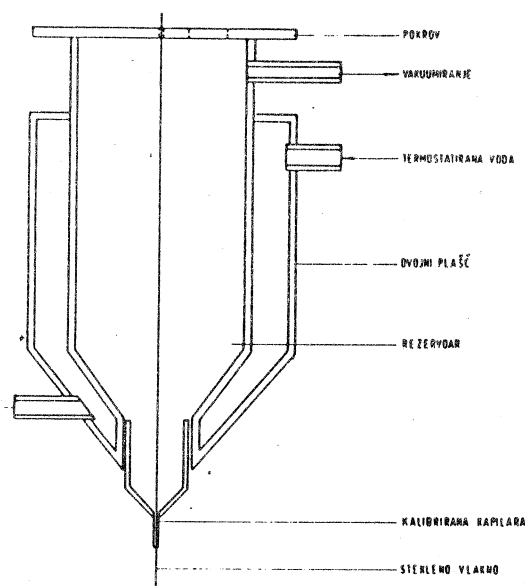
5. TEHNIKA NANOSA

Še nekaj besed o tehniki nanosa primarne zaščite na optična vlakna. Osnova za izdelavo vlaken je surovec (preform), ki ga izdelamo po metodi MCVD (modificirana kemijska parna depozicija). Surovec izvlečemo v vlakno na vlečnem stolpu (slika 1). V isti liniji vlakna (debeline $125\ \mu\text{m}$) prevlečemo s primarno zaščito (običajno v dveh slojih, prvi je mehkejši, drugi trši) s pomočjo posebne naprave, ki jo imenujemo aplikator za primarno zaščito (slika 2). Ta priprava je sestavljena iz rezervoarja in kalibrirane kapilare. Doziranje zaščitnega premaza je avtomatsko, tvorba zaščitnega filma (debelina $60 - 70\ \mu\text{m}$) pa poteka pod pritiskom ($0,5 - 2\ \text{bar}$). Konstrukcija aplikatorja je takšna, da zagotavlja vse potrebne hidrodinamske pogoje za tvorbo kompaktnega in enakomernega zaščitnega filma po vsej dolžini vlakna. Centričnost zaščitnega sloja, glede na vlakno (toleranca $\pm 5\ \mu\text{m}$), dosežemo s pomikanjem aplikatorja z mikromanipulatorji, ob hkratni kontroli s pomočjo posebnega laserskega merilca. Sledi polimerizacija s pomočjo UV svetlobe (naprava je shematično prikazana na sliki 3) ali z vplivom povišane temperature, pač odvisno od izbranega tipa zaščite.



Slika 1: shema vlečnega stolpa

Trenutno izdelujemo optična vlakna s primarno zaščito s hitrostjo $90\ \text{m/min}$. V načrtovanem industrijskem pogonu pa bomo na višjih stolpih za vlečenje dosegli hitrosti okrog $180\ \text{m/min}$.



Slika 2: aplikator za primarno zaščito

6. ZAŠČITENA OPTIČNA VLAKNA

V redni proizvodnji imamo tri tipe optičnih vlaken. Za PCS uporabljamo silikonske premaze, za mono in mnogorodovna pa akrilatne.

PCS optično vlakno ima stopničasti profil lomnega količnika v izvedbi steklo/silikonski polimer. To je svetlobni vodnik, ki se uporablja za prenos omejenega števila informacij na relativno kratkih razdaljah (povezave med računalniškimi terminali v zaprtih prostorih, prenos informacij v letalih, avtomobilih in plovilih). Prednost PCS vlakna je v enostavni izdelavi (izognemo se izdelavi preforma) in temu sorazmerno nizki ceni.

Optične lastnosti, ki jih dosežemo pri takšni izvedbi vlakna, so:

- * slabljenje pri 850 nm: manj kot 10 dB/km
- * pasovna širina pri 850 nm: 40 MHz.km
- * numerična apertura: 0,39

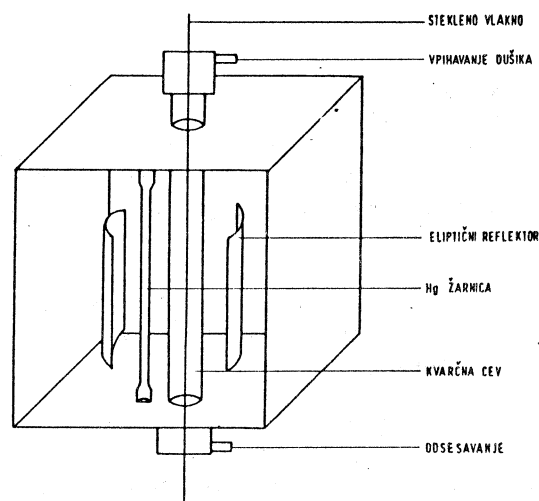
Optične karakteristike mnogorodovnih in enorodovnih vlaken z dvojno akrilatno zaščito pa so naslednje:

mnogorodovna vlakna:

- * slabljenje (850 nm): manj kot 2,7 dB/km
- * slabljenje (1300 nm): manj kot 1 dB/km
- * pasovna širina (850 ali 1300 nm): 600 - 800 MHz.km
- * numerična apertura: 0,2

enorodovna vlakna:

- * slabljenje (1300 nm): manj kot 0,4 dB/km
- * slabljenje (1550 nm): manj kot 0,3 dB/km
- * disperzija: manj kot 3.5 ps/nm.km na intervalu 1285 - 1330 nm



Slika 3: aplikator za primarno zaščito

7. ZAKLJUČEK

Ugotovili smo, da bi bila sinteza domače zaščite ekonomsko neupravičena, ker bi bazirala izključno na uvoženih surovinah. Tehnike nanosa zaščite za optična vlakna smo razvili sami, prav tako aplikator, kjer je na originalen način rešen problem centriranja zaščite na vlakno (prijavljena inovacija). Z lastnim znanjem smo osvojili zahtevno tehnologijo izdelave in zaščite optičnih vlaken. Tako lahko tržišču ponudimo optična vlakna, ki po karakteristikah v ničemer ne zaostajajo za vlakni, ki jih izdelujejo proizvajalci s svetovnim slovesom.

*Dr. Jože Brvar, dipl. ing.
Iskra - CEO, Stegne 7
61210 Ljubljana*