

# ELEKTROVODIVÉ POLYMÉRNE KOMPOZITNÉ ADHEZÍVA

NOVÁK I., POLÁK V., ŽIGO O.

Ústav polymérov SAV, Bratislava, Slovensko, upolnovi@savba.sk

Metódy spájania materiálov lepením, ktoré zjednodušujú, zrýchľujú a zlacňujú výrobu sa používajú v najrôznejších odvetviach priemyslu, napr. pri výrobe automobilov, lietadiel, lodí, vagónov, meracej, regulačnej a telekomunikačnej techniky, v stavebníctve, nábytkárskom a papierníckom priemysle a tiež v kozmickej technike. Je možné povedať, že materiály spájané lepením nájdeme v drvivej väčšine výrobkov, ktoré nás obklopujú [1], pričom v niektorých prípadoch sa vyžaduje, aby lepidlo disponovalo určitým stupňom elektrickej vodivosti. V elektrotechnickom a elektronickom priemysle sa vo svete využíva viac ako 400 druhov elektricky vodivých lepidiel [2]. Ako príklad použitia elektrovodivých lepidiel možno uviesť náhradu technológie reaktívneho pájkovania čipov k súboru prívodov pri výrobe mikroelektronických súčiastok lepením, lepenie sa používa aj pri konštrukcii rozmerných čipov mnohobitových pamätí, pričom napr. pamäťový prvok s kapacitou 1 Mb má lepený čip [3]. Elektrovodivými lepidlami komponovanými na báze polymérnej matrice plnenej adekvátnym elektricky vodivým plnivom možno v niektorých prípadoch nahradiť aj klasický spôsob spájkovania elektronických prvkov [4, 5].

Formulácia elektrovodivých polymérnych kompozitov zahŕňa výber parametrov polymérnej matrice ako aj elektrovodivého plniva. Cieľom tejto práce bolo štúdium vplyvu polymérnej matrice a typu pokovených elektrovodivých častíc na fyzikálno-mechanické vlastnosti a elektrické vlastnosti elektricky vodivých kompozitných adhezív.

## Experimentálna časť

Elektricky vodivé plnivá boli pripravené bezprúdovým pokovením vybraných druhov plnív/častíc. Ako vodivý komponent bolo vybraté striebro. Elektricky vodivé kompozity boli pripravené mechanickým zamiešaním častíc pokrytých elektrovodivým strieborným povlakom do epoxidovej alebo polyvinylacetátovej matrice v stanovenom hmotnostnom pomere. Meranie vnútorného elektrického odporu kompozitných adhezív sa uskutočnilo s použitím vysoko a nízkonapäťového stabilizovaného zdroja jednosmerného napätia, pikoampérmetra Tesla BM 545 a meracieho prípravku s kruhovými meracími elektródami podľa normy ASTM D 257-78. Meranie fyzikálno-mechanických vlastností kompozitov sa uskutočnilo na univerzálnom testovacom zariadení INSTRON 4301 na skúšobných telieskach tvaru a rozmerov podľa STN 64 06 05 (Skúška plastov ťahu).

### Použité materiály:

- CHS Epoxy 513, výrobca Spolchemie, a.s., Ústí nad Labem, ČR,
- tvrdidlo Telalit 410, výrobca Chemotex, a.s., Boletice nad Labem, ČR,
- polyvinylacetátová disperzia Duvilax LS 50, výrobca Duslo, a.s., Šaľa, SR
- elektricky vodivé plnidlo na báze pokoveného (postriebreného) čadiča (ÚPo SAV), pričom nepravidelné sférické častice čadiča boli pokryté striebrom, veľkosť častíc <math>< 50 \mu\text{m}</math>, obsah Ag = 12 hmot. %, wollastonit Nyglos 4 (NYCO Minerals Inc., USA), typ Nyglos 4 – anorganický kremičito-vápenatý materiál na báze  $\text{CaSiO}_3$  s ihličkovitou kryštalickou štruktúrou, dĺžka vlákien wollastonitu bola 44  $\mu\text{m}$ , hrúbka vlákien 4  $\mu\text{m}$ , pokovený (postriebrený) wollastonit obsahoval Ag v množstve 72 hmot. %.

## Výsledky a diskusia

Pri výbere časticových materiálov pre pokovenie boli zohľadnené nasledovné kritériá:

- veľkosť častíc, ktorá do značnej miery ovplyvňuje jednak výsledné mechanické vlastnosti kompozitu a jednak spotrebu striebra pri ich pokovovaní. Boli porovnané vlastnosti kompozitu formulovaného na báze pokoveného plniva na báze čadiča s nepravidelnými sférickými časticami a postriebreného vláknitého plniva wollastonit Nyglos 4, ktorý má jeden rozmer – dĺžku vlákien – približne rovnakú ako je rozmer častíc čadiča.

- tvar častíc, ktorý je dôležitým parametrom z hľadiska perkoláčnej schopnosti plniva. Boli porovnané vlastnosti kompozitov obsahujúcich pokovené častice čadiča nepravidelného sférického tvaru s kompozitmi obsahujúcimi pokovené bifilné – vláknité plnivo (wollastonit).

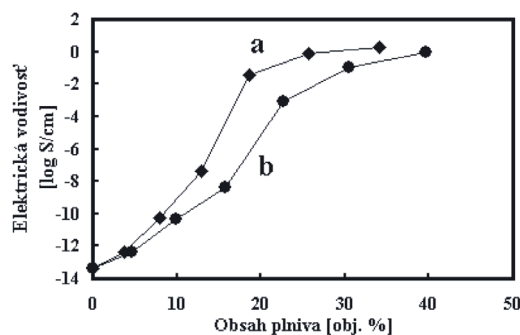
## Výber vhodných polymérnych matric

Pri výbere modelových polymérnych matric boli zohľadnené kritériá ich dostupnosti, ceny a typu. Boli vybraté dva bežné typy polymérnych matric/adhezív a to rozpúšťadlová/disperzná a dvojzložková reaktívna matrica.

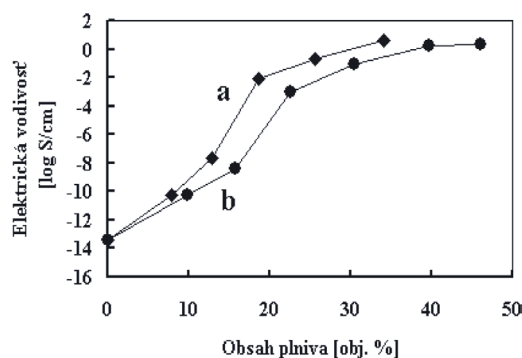
## Elektrické vlastnosti elektrovodivých kompozitných adhezív

Závislosť elektrickej vodivosti kompozitu na báze polymérnej matrice Duvilax LS 50 na type postriebrených častíc a ich koncentrácií v kompozite je uvedená na obr. 1.

Obr. 1 – Závislosť elektrickej vodivosti polymérneho kompozitu na type postriebrených častíc polymérna matrica Duvilax LS 50: a – pokovený wollastonit, b – pokovený čadič



Obr. 2 – Závislosť elektrickej vodivosti polymérneho kompozitu na type postriebrených častíc, polymérna matrica ChS Epoxy 513 : Telalit 410 = 4 : 1 hmot. dielov: a – pokovený wollastonit, b – pokovený čadič



Podľa obr. 1 má tvar kriviek vodivosti v závislosti na objemovej koncentrácii zakomponovaného plniva pre obidve skúmané plnivé podobný trend. Podstatne sa však líšia hodnoty vodivosti kompozitov pri rovnakých objemových koncentráciách plniva. Vlákňité plnivo wollastonit dosiahlo pri použití v elektrovodivých kompozitoch s Duvilaxom LS 50 dosiahlo významne vyššiu vodivosť v oblasti plnenia 15 až 30 obj. % plniva v porovnaní s pokoveným čadičom. Podobná závislosť bola získaná aj v prípade matrice ChS Epoxy 513/Telalit 410 (obr. 2). Z obr. 2 je vidieť, že tvar kriviek vodivosti v závislosti od koncentrácie zakomponovaného plniva má pre obidve študované plnivé podobný trend.

Podstatný vplyv na elektrickú vodivosť kompozitov má typ použitého plniva, hlavne tvar jeho častíc. Dosiahnutie vyššej elektrickej vodivosti v prípade použitia wollastonitu môžeme pravdepodobne pripísať tomu, že toto plnivo s bifilným tvarom častíc má vzhľadom na svoju geometriu viac možností k vzájomnému kontaktu v kompozite ako je to v prípade pokoveného čadičového plniva.

Zaujímavé je porovnanie hodnôt medze pevnosti skúmaných kompozitov pri dosiahnutí elektrickej vodivosti  $1 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . (Tab. 1). Ak sa použije pokovený wollastonit kompozit s elektrickou vodivosťou  $1 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$  dosahuje medzu pevnosti pri pretrhnutí približne 26 MPa, táto hodnota pre pokovený čadič však klesá na 15 MPa. Na druhej strane má kompozit na báze wollastonitu nižší Youngov modul pružnosti, pri približne rovnakej hodnote relatívneho predĺženia pri pretrhnutí.

**Tab. 1 – Parametre kohéznej pevnosti pri elektrickej vodivosti  $1 \text{ S/cm}$ , polymérna matrica ChS Epoxy 513/Telalit 410**

Typ plniva	Pokovený wollastonit	Pokovený čadič
MPP [MPa]	26	15
RPP [%]	1,2	1,2
E [MPa]	1450	2200

MPP = medza pevnosti pri pretrhnutí, RPP = relatívne predĺženie pri pretrhnutí, E = Youngov modul pružnosti.

## Záver

V práci bol študovaný vplyv tvaru a koncentrácie elektrovodivých plnív v polymérnej matrici na elektrické a fyzikálno-mechanické vlastnosti výsledných elektrovodivých kompozitných adhezív. Pri príprave elektrovodivých adhezív boli použité 2 typy elektrovodivých plnív s rôznou geometriou častíc: nepravidelné sférické častice resp. častice s vláknitou štruktúrou a dva typy polymérnych matric: polyvinylacetátová disperzia a dvojzložkový epoxidový systém. Boli

stanovené elektrické charakteristiky elektrovodivých kompozitov na báze komerčných adhézných matric Duvilax LS 50 a ChS Epoxy 513. Elektrické vodivosti oboch použitých polymérnych matric plnených určitým druhom pokovených častíc boli podobné. Bolo zistené, že pri použití vláknitého elektrovodivého plniva wollastonit sa dosahuje vyššia elektrická vodivosť kompozitu ako v prípade použitia pokovených nepravidelných sférických častíc čadiča v celom rozsahu plnenia. Na dosiahnutie vodivosti  $1 \text{ S}\cdot\text{cm}^{-1}$  je potrebné použiť o 30 obj. % menej pokoveného wollastonitu v porovnaní s pokoveným čadičom. Boli stanovené materiálovo-kohézne charakteristiky pripravených elektrovodivých kompozitov, pričom bolo zistené, že epoxidový kompozit na báze pokoveného wollastonitu dosahuje o viac ako 70 % vyššiu hodnotu medze pevnosti pri pretrhnutí v porovnaní s kompozitom na báze pokoveného čadiča.

## Literatúra

- [1] Kinloch A.J.: Adhesion and Adhesives. Chapman and Hall, UK, 1994
- [2] Lu D, Wong C. P.: Intern. J. Adhesion and Adhesives, 2000, 20, p.189
- [3] Wong C. P.: In: Handbook of Flexible Circuits, Gilleo K. editor, New York, Van Nostrand Reinhold, 1992, p. 198
- [4] Manzione L T.: Plastic Packaging of Microelectronic Devices. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990
- [5] Hogerton P B, Carlson K E, Hall J B, Krause L J, Tingerthal J M.: Proc Intern. Electron. Packag. Conf. 1990, p. 1026

*Podakovanie: Príspevok bol vytvorený realizáciou projektu Centrum pre materiály, vrstvy a systémy pre aplikácie a chemické procesy v extrémnych podmienkach na základe podpory operačného programu Výskum a vývoj financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

## Abstract

ELECTRICALLY CONDUCTIVE POLYMERIC COMPOSITE ADHESIVES

*Summary: The electrical conductivity of different polymeric composites containing two sorts of silver-coated particles has been studied. The electrical properties of composite adhesive did not depend on kind of the polymer matrix, but they were strongly influenced by sort and shape of the silver-coated filler. Higher electrical conductivities were observed for composites with metallized wollastonite fibres comparing to composites with metallized spherical basalt particles.*

**Key words:** adhesive, electrical conductivity, composite, epoxy resin, mechanical properties, water-based polymeric dispersion, polyvinyl acetate