

**Секція: НОВІ МАТЕРІАЛИ, МІЦНІСТЬ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ
КОНСТРУКЦІЙ**

УДК 678.967

Т.Ф. Артюхова, П.П. Савчук, д.т.н., проф., Р.Г. Редько, к.т.н., доц., О.І. Давидюк
Луцький національний технічний університет, Україна

**ПІДВИЩЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ МІЦНОСТІ ЕПОКСИДНИХ
НАНОКОМПОЗИТІВ ЗМІЦНЕНИХ ВУГЛЕЦЕВИМИ НАНОТРУБКАМИ**

**T.F. Artiukhova, P.P. Savchuk, Dr., Prof., R.G. Redko, Ph.D., Assoc. Prof.,
A.I. Davydyuk**

**ENHANCING STRUCTURAL HEALTH CAPABILITY OF CARBON
NANOTUBES REINFORCED EPOXY NANOCOMPOSITES**

Дослідження властивостей епоксидних наноконкомпозитів наповнених вуглецевими нанотрубками на сьогоднішній день є важливим, так як будь-які зміни конструкційної міцності впливають на характеристики матеріалу. Вивчення електричної провідності композиту застосовуючи методи руйнування структури дозволяє вивчити поведінку матеріалу в цілому [1].

Володіючи унікальними електричними властивостями вуглецеві нанотрубки при їх додаванні до епоксидної смоли надають провідності наноконкомпозитам. При цьому введення в полімер оптимального вмісту вуглецевих нанотрубок сприяє підвищенню конструкційної міцності, корозійної стійкості, експлуатаційних характеристик тощо. Тому завдяки цьому матеріал застосовують у різних сферах промисловості [2, 3].

Нанотрубки мають кращу провідність, а це означає, що вони потенційно можуть обробляти інформацію швидко, витрачаючи менше енергії. Таким чином, вуглецеві нанотрубки відіграють важливу роль у відносно новій галузі нанотехнологій [4].

Метою даної роботи є визначення зміни електропровідності наноконкомпозитів в залежності від зміни відсоткової маси вуглецевих нанотрубок за рахунок впливу на них незначних навантажень наданих індентором твердоміра.

Для виготовлення наноконкомпозиту було використано епоксидну систему на основі Araldite LY5052/Aradur 5052 холодного затвердіння та електропровідний наповнювач Thin Multy-Wall Carbon Nanotubes (тонкі багат шарові вуглецеві нанотрубки) серії Nanocyl NC 7000. Araldite LY 5052 є низько-в'язкою епоксидною смолою, затверджувачем в системі виступає Aradur 5052, який є сумішшю поліамінів.

Тонкі багат шарові вуглецеві нанотрубки серії Nanocyl NC 7000 були виготовлені методом каталітичного осадження вуглецю. Особливою характеристикою даних нанотрубок є низький електричний поріг перколяції. Чистота вуглецю в нанотрубках досягає 90 % із вмістом оксиду металу 10 %, середнє значення діаметру 9,5 нм, середнє значення довжини нанотрубок 1,5 мкм.

Метод виготовлення даних наноконкомпозитів полягав у приготуванні епоксидних композитів зміцнених вуглецевими нанотрубками, які піддавали впливу ультразвукової дисперсії протягом 1 год, процесу вакуумної дегазації протягом 1 год та твердненню протягом 24 год при кімнатній температурі та наступної полімеризації протягом 3 год у печі при температурі 100 °С. Надалі зразки піддавали дії зовнішнього навантаження та проводили послідовне вимірювання електропровідності.

Введення наповнювача у вуглецеві нанотрубки призводить до підвищення міцності полімерного композиційного матеріалу, так як збільшується щільність системи та сумарна площа взаємодії на межі розділу фаз. Даний результат пов'язаний також

з тим, що наповнювач рівномірно розподілений у матеріалі та виступає в якості центрів полімеризації полімеру. Даний розподіл призводить до підвищення однорідності структури, відповідно, і підвищення міжмолекулярні взаємодії між макромолекулами полімеру [1].

При вивченні змін в електричній провідності при локальному руйнуванні поверхневого шару алмазним індентором, слід зазначити, що надпровідність вуглецевих нанотрубок зникає під впливом наступних факторів: підвищення температури; наявності потужного магнітного поля; досить великої щільності струму в зразку [2].

Вимірювання електропровідності епоксиполімеру показало, що дані зразки є діелектриком, а також мають дуже низький поріг електричної провідності. Тому механічний вплив не призводить до змін електричної характеристики.

Для вимірювання провідності епоксидних композитів наповнених нанотрубками з відсотковою масою 0,1, 0,2, 0,3 використовували обладнання для визначення електричного опору – Megger MFT 1730.

Встановлено, що значення твердості наповнених епоксикомпозитів менше твердості чистого епоксидного полімеру. Це можна пояснити тим, що за рахунок додавання до епоксидної смоли нанотрубок в структурі виникають мікропорожнини. Зростання твердості відбувається при значному наповненні композицій нанотрубками, тому чим більша їх маса в композиті тим, відповідно, більша твердість. Це відбувається за рахунок створення максимально зшитої структурної сітки з епоксидної системи, яка і зміцнює матеріал.

Відповідно до цього, використання наноепоксикомпозитів доцільне для електротехніки, наноелектроніки, де важливим аспектом є міцність та електропровідність.

Таким чином встановлено, що при збільшенні масового відсоткового вмісту вуглецевих нанотрубок відбувається зростання електропровідності. При цьому найбільшу електропровідність забезпечують матеріали, що містять 0,3 % вуглецевих нанотрубок, а найнижчу – нанокомпозити з вмістом 0,1 % вуглецевих нанотрубок. При вимірюванні електропровідності при послідовному руйнуванні структури шляхом нанесення інденторних ямок встановлено, що навіть незначне руйнування структури нанокомпозиту призводить до зниження електропровідності, так як відбувається пошкодження зв'язків між компонентами системи.

Література

1. Harris P. (1999). Carbon Nanotubes And Related Structures. New Materials for the Twenty-first Century // Cambridge University Press. – P. 1–23.
2. Abdalla M., Dean D., Theodore M., Fielding J., Nyairo E., Price G. (2010). Magnetically processed carbon nanotube/epoxy Nanocomposites: Morphology, thermal, and mechanical properties // Polymer, Vol. 51. – P. 1614–1620.
3. Chiolerio A., Castellino M. (2011). Electrical Properties of CNT-Based Polymeric Matrix NanoComposites // Carbon Nanotubes – Polymer Nanocomposites, Vol. 13, No 5. – P. 215–231.
4. Chen W., Shen H. (2009) A Study on the Effect of Multi-scale Reinforcement – Functionalized Multi-walled Carbon Nanotubes and Basalt Fibers Reinforced Epoxy Laminates // Applied Science Innovations Private Limited: India. Proceeding of ICNM. – P. 338–343.