

ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИТИ НА ОСНОВІ НОВИХ ВУГЛЕЦЕВИХ НАПОВНЮВАЧЕЙ

Місюра А.І.¹, Мамуня Є.П.², Куліш М.П.¹, Пилипенко А.М.²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, andrii.misiura@ukr.net

²Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, ymamunya@ukr.net

Протягом останніх десятиліть вуглецеві наноматеріали, такі як сажа, нанотрубки та графенові нанопластинки набули широкого використання в якості наповнювачів для полімерних композитів, введення яких призводить до розширення функціональних властивостей композитних матеріалів та поліпшенню їх характеристик. Ці наповнювачі дають можливість створювати полімерні електропровідних композити, композити з підвищеною теплопровідністю та високими механічними характеристиками. Вони знаходять застосування в мікроелектроніці, як екрануючі матеріали для захисту від надвисокочастотного випромінювання, як сенсорні матеріали, та матеріали біологічного і медичного призначення.

Проте існує проблема, що широке використання вищезгаданих наповнювачів у різних областях промисловості та техніки стримується їх високою ціною. Таким чином, постає завдання пошуку альтернативних вуглецевих наповнювачів зі структурою, яка подібна до графену, буде забезпечувати високі характеристики полімерних композитів, і в той же час ці наповнювачі повинні бути більш доступними.

Вуглецеві наповнювачі нового типу було синтезовано в Центрі полімерних та вуглецевих матеріалів Польської академії наук. Для виготовлення композитів використовували PET coke raw та Coal Pitch coke raw з розміром частинок 200 мкм (PET(0,2), CP(0,2)) та 50 мкм (PET(0,05), CP(0,05)). В якості матриці композиту обрано надвисокомолекулярний поліетилен (НВМПЕ), з густиною $\rho = 0,93 \text{ г/см}^3$, температурою плавлення $T_{\text{пл}} = 137 \text{ }^\circ\text{C}$. і розміром частинок близько 100 мкм. Композити виготовлено методом гарячого компактування у формі дисків з діаметром $d = 30 \text{ мм}$ та товщиною $h \approx 1 \text{ мм}$ при $T = 160 \text{ }^\circ\text{C}$ та тиску $P = 30 \text{ МПа}$.

Досліджено значення електропровідності композитів на основі НВМПЕ як із синтезованими наповнювачами, так і з загальновідомими, такими як сажа, антрацит, графен, багатостінні вуглецеві нанотрубки (БСВНТ). Вміст наповнювача в розглянутих композитах становить 10 об.%.

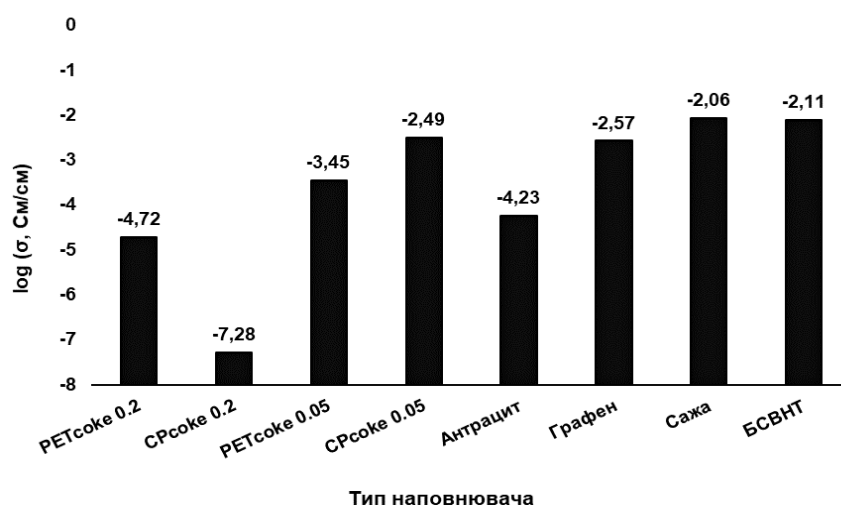


Рис.1 Значення електропровідності композитів на основі НВМПЕ з різними типами наповнювача, при їх концентрації 10 об.%.

Найвищі значення електропровідності композитів, серед зразків з синтезованим наповнювачем, досягається при введенні CPcoke з розміром частинок 0.05 мм. Отримані значення електропровідності для даного композиту є вищими ніж для досліджених раніше

зразків з антрацитом [1], а також є близькими до значення електропровідності полімерних матеріалів наповнених графеном, багатостінними нанотрубками та сажею.

Композити з наповнювачем типу PETsoke з розміром частинок 50 мкм мають нижче значення електропровідності, приблизно на один логарифмічний порядок, ніж в композитів з CRsoke. Збільшення розміру частинок наповнювача до 200 мкм для CRsoke та PETsoke призводить до зменшення електропровідності утвореного композиту.

На рис.2 наведено концентраційні залежності електропровідності композитів з рідними типами наповнювача.

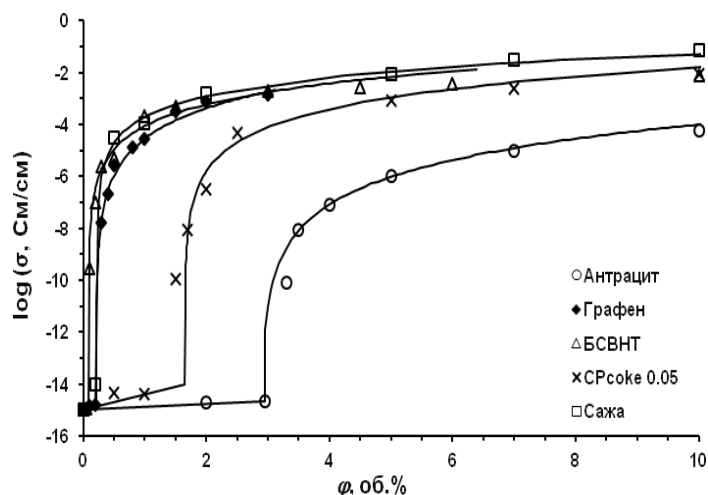


Рис.2 Концентраційна залежність електропровідності композитів з різними типами наповнювача на основі НВМПЕ.

Для опису концентраційної поведінки електропровідності використано перколяційне рівняння, за допомогою якого отримано значення перколяційних параметрів ϕ_c , t , σ_0 .

$$\sigma = \sigma_0 (\phi - \phi_c)^t \quad (1)$$

де σ_0 – параметр електропровідності, пов'язаний з фазою наповнювача в композиті; ϕ – концентрація наповнювача в композиті, ϕ_c – значення порогу перколяції, t – критичний показник. З розрахунків за рівнянням (1) для композиту наповненого CRsoke 0.05 значення $\phi_c = 1,65$ об.%, в той час як для композиту, наповненого антрацитом $\phi_c = 2,90$ об.%. Композити з нанонаповнювачами графену, БСВНТ та сажі мають значно нижчі значення порогу перколяції, відповідно 0,21 об.%, 0,09 об.% та 0,23 об.%. Значення σ_0 для CRsoke 0.05 становить 21 См/см, що на порядок вище ніж у антрациті $\sigma_0 = 2,3$ См/см, та дещо вище ніж у сажі $\sigma_0 = 8,9$ См/см та БСВНТ $\sigma_0 = 17,8$ См/см, але значно нижче ніж для графену $\sigma_0 = 251$ См/см.

Виконані дослідження демонструють, що композити з синтезованими вуглецевими гафеноподібними наповнювачами мають достатньо високий рівень електропровідності, серед яких найвище значення досягається при введенні частинок CRsoke з розміром 50 мкм. Для порівняння композит на основі антрациту [1] має значення електропровідності $\sigma = 5,89 \cdot 10^{-5}$ См/см, в той час, як для CRsoke 0,05 $\sigma = 3,24 \cdot 10^{-3}$ См/см при однаковій концентрації наповнювача (10 об.%). Також значення порогу перколяції CRsoke 0,05 $\phi_c = 1,65$ об.% майже в половину менше ніж для композиту з антрацитом $\phi_c = 2,90$ об.%. Наведені результати демонструють значний потенціал синтезованих вуглецевих наповнювачів для покращення характеристик полімерних композитів, з широким спектром функціональних властивостей.

1. Maruzhenko O., Mamunya Ye., Boiteux G., Pusz S., Szeluga U., Pruvost S. Improving the thermal and electrical properties of polymer composites by ordered distribution of carbon micro- and nanofillers // Int. J. Heat Mass Transf. - 2019. - 138. - P. 75-84.