

INVESTIGATION OF THE FILLER CONTENT INFLUENCE ON THE POLYETHYLENE COMPOSITES ELECTRICAL PROPERTIES

Novak D., Zavalnytsky M., Nyzhnyk O.

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Nemyrovycha-Danchenka St, 2, 01011

The work is devoted to the process of the development of electroconductive polymer composites based on polyethylene. Electroconductive polymer films based on PE with different content of aluminum and graphite fillers were obtained. Electrical and optical properties were investigated using standard methods on laboratory equipment. It was shown that the injection of electroconductive fillers in the amount of 20% vol. allows reduction of the specific volumetric electrical resistance to 100 Ohm · m for compositions filled by graphite and up to 230 Ohm · m for compositions filled by aluminum.

Keywords: polyethylene; aluminum; graphite; injection; compositions.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВМІСТУ НАПОВНЮВАЧІВ НА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІЕТИЛЕНУ

Новак Д.С., Завальницький М.В., Нижник О.М.

Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, вул. Немировича-Данченка, 2, 01011

Розвиток техніки все гостріше висуває проблему створення матеріалів нового покоління, структура яких спрямовано організовується під дією експлуатаційних чинників. Велика увага звертається на вивчення властивостей та нових галузей застосування для струмопровідних полімерних композиційних матеріалів та електретів.

Струмопровідні полімерні композиційні матеріали зазвичай отримують шляхом введення у високомолекулярні діелектрики речовин з високою

струмопровідністю (метали, електропровідні сажі, графіт). На сьогодні в різних галузях техніки використовуються полімерні композиції, струмопровідність яких досягає 10^4 См/м. За своєю структурою ці матеріали є багатофазовими гетерогенними системами. Їх струмопровідність залежить як від властивостей окремих компонентів, так і від кількості та характеру розподілу в полімері-діелектрику струмопровідного наповнювача [1, 2].

Метою роботи є встановлення впливу вмісту графіту та алюмінію на електричні та оптичні властивості поліетиленових композицій.

1. Методика експерименту

Для одержання струмопровідних композицій, в якості матриці було обрано поліетилен низької щільності марки 16803-070 (ПЕНЦ), а як наповнювачі: графіт марки RFL 99.5 та алюмінієву пудру марки ПАП-2. Алюміній, як металевий наповнювач, характеризується великою питомою струмопровідністю $3,77 \cdot 10^7$ См/м, дещо нижчою струмопровідністю володіє графіт $2,6 \cdot 10^6$ См/м [3, 4].

Струмопровідні наповнювачі вводили в полімерну матрицю з використанням лабораторного екструзійного обладнання у кількості - 5, 10 і 20 % об. З отриманих струмопровідних композицій на основі ПЕНЦ в лабораторних умовах було одержано плівки методом «гарячого пресування». Дослідження електричних та оптичних властивостей одержаних композицій проводили за стандартними методиками.

2. Результати експерименту та їх обговорення

В результаті проведення вимірювань питомого об'ємного електричного опору досліджуваних зразків було отримано залежність, яка наведена на рис. 1.

З рисунку 1 випливає, що при вмісті наповнювача 5% об. питомий об'ємний електричний опір для композиції з графітом складає $\sim 7 \cdot 10^4$ Ом·м, що трохи вище ніж у композиції з алюмінієм $\sim 6 \cdot 10^4$ Ом·м. Питомий об'ємний електричний опір для поліетиленових композицій при вмісті наповнювача 7% об. складає $\sim 3 \cdot 10^4$ Ом·м для композицій з графітом та алюмінієм.

Струмопровідність графіту нижча, ніж струмопровідність алюмінію, однак при вмісті наповнювача в композиції від 10 до 20% об. значення питомого об'ємного електричного опору зменшується від $\sim 6,5 \cdot 10^3$ Ом·м до ~ 100 Ом·м для композицій наповнених графітом і від $\sim 12 \cdot 10^3$ Ом·м до ~ 230 Ом·м для композицій наповнених алюмінієм. Це можна пояснити витіснення алюмінієвого наповнювача на поверхню зразка, в результаті чого його фактичний вміст у об'ємі стає нижчим, ніж номінальний, що в свою чергу спричиняє вищий об'ємний опір, ніж прогнозований [5, 6].

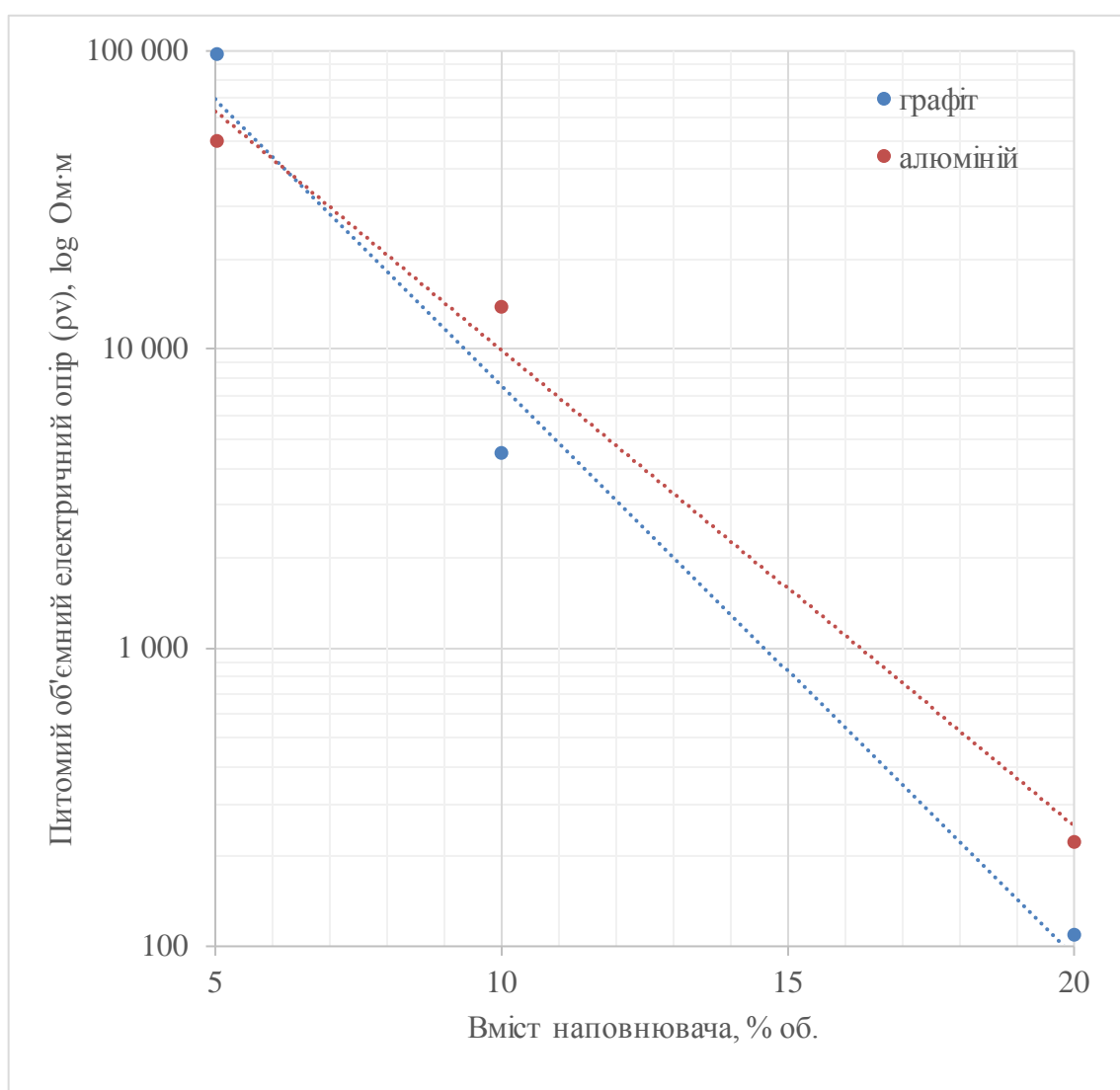


Рис. 1. Залежність питомого об'ємного електричного опору від вмісту наповнювача

Для визначення впливу дисперсності наповнювача та механізму перенесення заряду проведено дослідження розподілу частинок наповнювача за допомогою методів мікрофотографії та комп'ютерного аналізу. Дослідження проводились на зразках композицій з 5% об. вмістом наповнювача. Найбільш значимі результати було одержано для композицій з алюмінієвим наповнювачем.

Було побудовано апроксимовану поверхню ймовірної об'ємної концентрації наповнювача, яка неведена на рисунку 2.

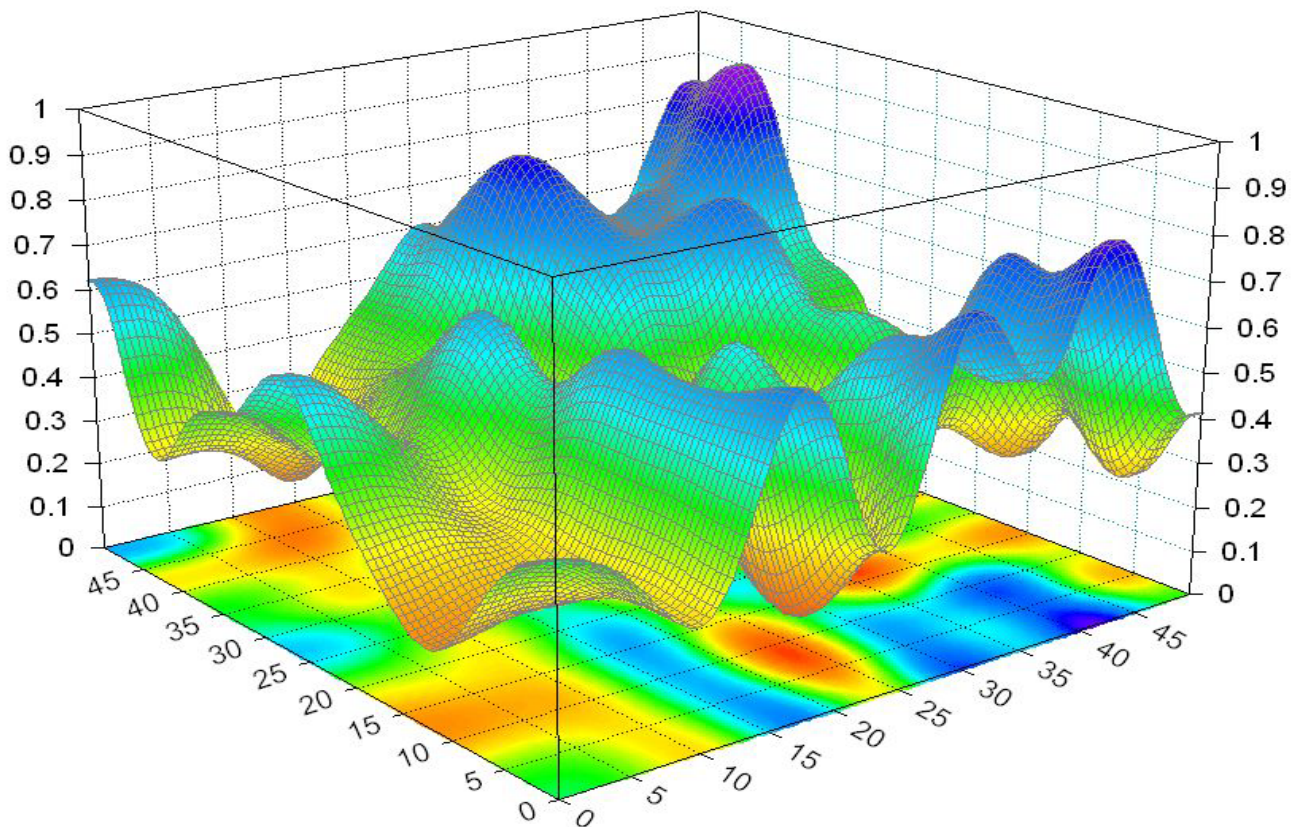


Рис. 2. Апроксимована поверхня ймовірної об'ємної концентрації алюмінію у композиційному матеріалі з фактичною концентрацією 5% об.

Перенесення тривимірної моделі (рис. 2) на площину дозволяє отримати карту ліній рівнів ймовірної концентрації наповнювача в композиційній плівці (рис. 3). Розрахована за картою ліній рівня ймовірної концентрація алюмінію у композиції з фактичними 5% об. складала 44%. При підвищенні нижніх порогових значень, було одержано ймовірні нижні порогові концентрації, які склали 0,2; 0,3 та 0,4 (рис. 3 (б, в, г)). При підвищенні нижнього порогу концентрації до 0,3 (рис. 3 (в)) у матеріалі зберігаються струмопровідні “містки” і ймовірна концентрація складає 13% що відповідає 3,5% об. від фактичного вмісту наповнювача.

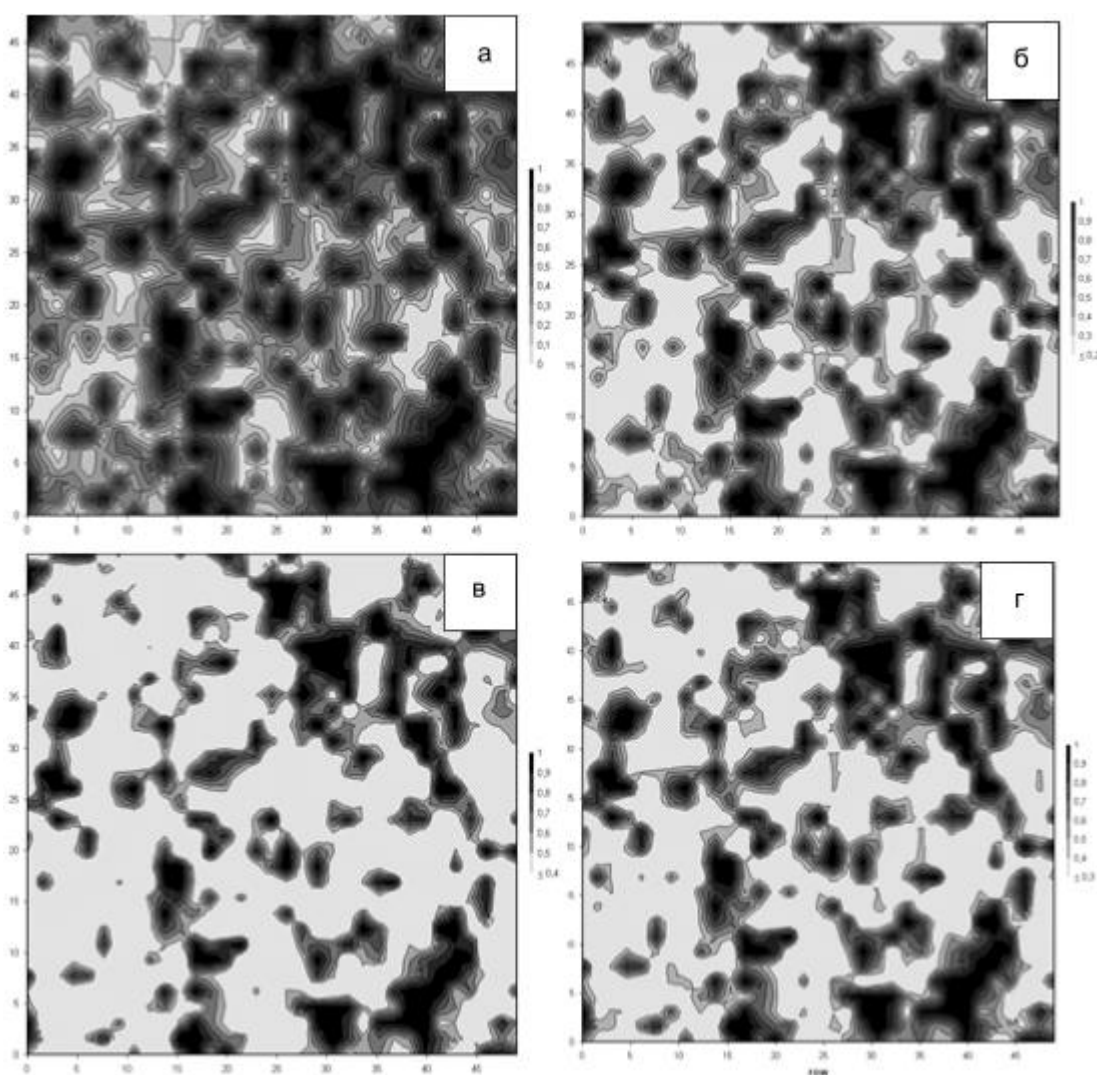


Рис. 3. Карта ліній рівнів ймовірної концентрації наповнювача в композиційній плівці, що вміщує 5% струмопровідного наповнювача (алюміній) при різноманітних нижніх порогових значеннях: а) 0; б) 0,2; в) 0,3; г) 0,4.

3. Висновки

Встановлено, що введення графіту та алюмінію в поліетиленову композицію дозволяє регулювати її електричні властивості. Визначено, що збільшення вмісту струмопровідних наповнювачів до 20% об. призводить до монотонного зниження питомого об'ємного електричного опору від $\sim 7 \cdot 10^4$ до 100 Ом·м при наповненні графітом і від $\sim 6 \cdot 10^4$ до 230 Ом·м при наповненні алюмінієм.

Література

[1] Krupa I., Novak I., Chodak I. Electrically and thermally conductive polyethylene/graphite composites and their mechanical properties, Synth.Met. 145 (2–3) (2004) 245–252.

[2] Gulrez S.K.H., Ali Mohsin M.E., Shaikh H., Anis A., Pulose A.M., Yadav M.K., Qua, E.H.P., Al-Zahrani S.M.A. Review on Electrically Conductive Polypropylene and Polyethylene. Polym. Compos. 2014, 35, 900–914.

[3] Мамуня Є.П. Електрична та термічна провідність полімерних композицій з дисперсними наповнювачами. Укр. хім. журн. 2000-№3,4 С.55-58.

[4] Сажин Б.И., Лобанов А.М., Эйдельмант М.П., Койков С.Н., Романовская О.С. Электрические свойства полимеров. изд. 2-е пер. Л.: Химия, 1977.-192с.

[5] Budash Y., Novak D., Plavan V.: Structural and Morphological Characteristics of Polyethylene Composites with Different Conductive Fillers, Revista de Materiale Plastice 53(4), pp. 693-698, 2016

[6] Novak D., Budash Y., Bereznenko N.: Graphic modeling of conductive filler spatial distribution in polymer matrix, Vlakna a Textil 23(2), pp. 37-42, 2016