

Н.І. Доманцевич, М.М. Мартинюк, Б.П. Яцишин

## Концентраційні зміни електричних характеристик полімерних матеріалів із вторинної сировини

Львівська комерційна академія, вул. Туган-Барановського, 10, Львів, 79008, Україна,  
e-mail: [ecofizbo@lac.lviv.ua](mailto:ecofizbo@lac.lviv.ua)

Досліджено електричні характеристики полімерних матеріалів, виготовлених із вторинної сировини. Показано залежність величин об'ємного та поверхневого питомих електроопорів від складу.

Стаття поступила до редакції 15.01.2010; прийнята до друку 15.03.2010.

### Вступ

Матеріали із полімерів мають багато різновидів, що пов'язано з різними характеристиками вихідних матеріалів, видом та технологією їх обробки, яка приводить до змін молекулярної структури. Встановлення залежностей між концентраційними або технологічними характеристиками та фізико-хімічними властивостями полімерних матеріалів, які призначені для виробів різного господарського призначення, дозволяє полегшити вибір та провести оцінювання відповідності вимогам стандартів. Найбільш загальними вимогами, що висувуються до таких полімерних матеріалів, є висока міцність та еластичність, а композиції для їх отримання повинні мати достатню текучість у розплаві. Величина електропровідності та фізико-хімічні характеристики полімерних матеріалів коригуються між собою. При введенні у термопласти додатків та забруднень, які супроводжують полімерну вторинну сировину (ВС) при її використанні, порушується еластичність, текучість у розплаві та міцність матеріалу. Відповідно змінюються електричні характеристики таких полімерів, а проблема контролю необхідних механічних та інших експлуатаційних властивостей може зводитися до контролю заданого рівня електропровідності [1-3].

### I. Експериментальна частина

Об'єктом для досліджень було вибрано в якості полімерної основи поліетилен низької густини (ГОСТ 16337-70) (структурна формула:  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ). Як постійні добавки в полімерний матеріал вводили в кількості до 1-2 ваг. % барвник марки КП-509 (голубий) та світлостабілізатор UV-PEA "Clariant".

Пластифікацію здійснювались фізико-хімічними методами шляхом введення в полімерну матрицю під час екструзії диоктилфталат (ДОФ) в кількості до 5 ваг. %, що покращувало еластичні та пластичні властивості матеріалу через збільшення рухомості та кінетичної гнучкості ланцюгів. Додавання пластифікатора до суміші сприяло зменшенню дефектності модифікованого полімерного матеріалу, що сприяло зниженню дифузійних і міцнісних показників покриття. Забезпечення рівномірності складу матеріалу матриці досягалось після 15 хвилинного перемішування компонент на ультразвуковому диспергаторі УЗДН-2ТМ. Вироби виготовляли литтям під тиском (екструзією) поліетилену низької густини, кількість вторинної сировини в якому могла становити до 70 %.

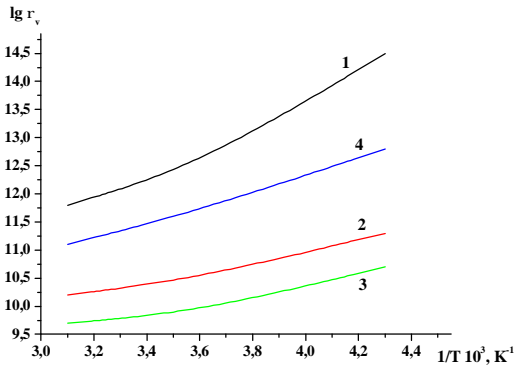
Вимірювання поверхневої та об'ємної електропровідності полімерних і композитних плівок проводили з використанням тераметра Е6-13А. Поверхневу електропровідність визначали на зразках полімеризованих з розплавом, проводячи вимірювання в двох напрямках. Вимірювання проводилось за чотирьохконтактною схемою для уникнення впливу контактної опору на результати [2,3]. Зразки для вимірювань електропровідності виготовляли у вигляді матриці розміром 20 x 5 мм<sup>2</sup> для механічного закріплення на вимірній комірці.

Об'ємну електропровідність визначали згідно методики міжнародного стандарту ISO 1325, затискуючи зразки між двома мідними електродами діаметром 25 та 40 мм, які були встановлені співосно.

Товщина полімерних плівок, тимчасово поміщених на струмопровідну основу, вимірювалась за допомогою приладу ТА8-02-МХ з струмовихровим перетворювачем, шляхом перетворенням відстані у величину індуктивності та з наступним перетворенням у частоту. Контроль товщин плівок здійснювався на приладі МИР-12.

## II. Результати досліджень

Встановлено, що збільшення кількості вторинної сировини у вихідному матеріалі приводить до пониження величини питомої об'ємної електропровідності від  $\rho_v = 4 \cdot 10^{13}$  Ом м до  $\rho_v \approx 10^{10}$  Ом м (рис. 1). Збільшення кількості вторинної



**Рис. 1.** Температурна залежність змін об'ємного питомого електроопору поліетиленових матеріалів (вихідні зразки): 1 – ПЕНТ; 2 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС; 3 – ПЕНТ +70 ваг. % ВС; 4 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС+ 3 ваг. % ДОФ.

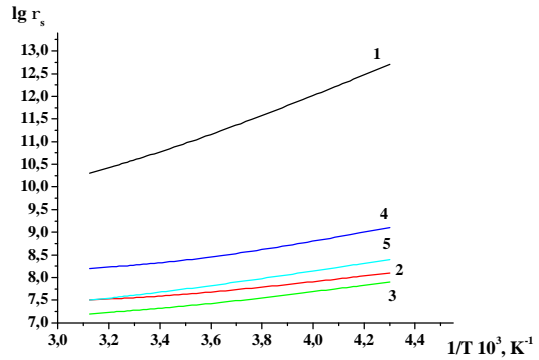
сировини у матеріалі виробу неодмінно приводить до значного пониження величини  $\rho_v$ . Додавання незначної кількості пластифікатора до матеріалу частково відновлює електричні характеристики.

Поверхневий питомий електроопір змінюється з  $\rho_s = 3 \cdot 10^{10}$  Ом м до  $\rho_s = 10^6$  Ом м. Збільшення кількості вторинної сировини у композиції приводить до зменшення  $\rho_s$ , при цьому зберігаються загальні тенденції у змінах температурних залежностей об'ємного та поверхневого питомих електроопорів зразків (рис. 2). Вплив електропровідних забруднень, що містить вторинна сировина, значний і збільшується із зростанням її вмісту до 70 ваг. %, а добавки пластифікатора в межах до 5 ваг. % не можуть компенсувати негативні зміни у фізико-хімічних властивостях ВС-матеріалів.

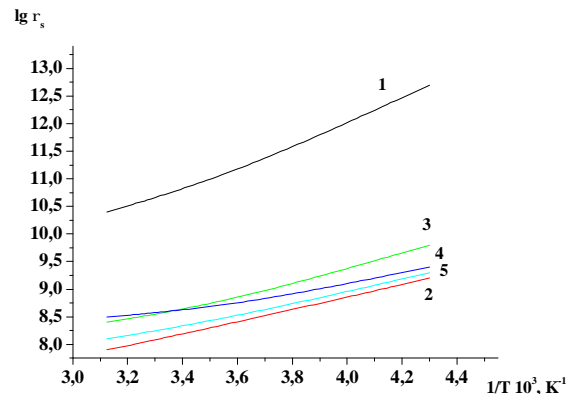
Зміни питомої поверхневої електропровідності при старінні протягом 3 років найбільші у матеріалах із великим вмістом вторинної сировини (рис. 3). Добавки пластифікатора сприяють стабілізації електропровідних характеристик.

## III. Обговорення та висновки

Питомий електроопір чистих полімерних матеріалів надзвичайно високий і без застосування спеціальних методів вимірювання фіксується як поверхневий [3, 4]. Технологічні параметри та умови отримання полімеру такі як перепад температур при виході з головки екструдера чи час УФ-опромінення при полімеризації, механічні навантаження, дія різних середовищ та зовнішніх факторів значно



**Рис. 2.** Температурна залежність зміни поверхневого питомого електроопору поліетиленових матеріалів (вихідні зразки): 1 – ПЕНТ; 2 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС; 3 – ПЕНТ +70 ваг. % ВС; 4 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС+ 3 ваг. % ДОФ; 5 – ПЕНТ +70 ваг. % ВС+ 5 ваг. % ДОФ.



**Рис. 3.** Температурна залежність зміни поверхневого питомого електроопору поліетиленових матеріалів після старіння в складських умовах протягом 3 років: 1 – ПЕНТ; 2 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС; 3 – ПЕНТ +70 ваг. % ВС; 4 – ПЕНТ +40 ваг. % ВС+ 3 ваг. % ДОФ; 5 – ПЕНТ +70 ваг. % ВС+ 5 ваг. % ДОФ.

впливає на величину та температурний хід питомого електроопору, оскільки у великій мірі змінюють кількість полярних груп (-C=O, -O-N тощо), степінь кристалічності матеріалу або додаткового посилюють дефектність полімерної матриці. Введення вторинної сировини з електропровідними включеннями та забрудненнями в склад полімерного композиційного матеріалу, а також введення додатків у вигляді електропровідних наповнювачів (барвників, стабілізаторів) з метою поліпшення споживних властивостей виробів (надання кольору, механічної міцності та ін.) суттєво змінює величину початкового електроопору, що є особливо відчутним під час термоциклювання зразків з пониженням температури.

У свою чергу, добавки пластифікаторів (до 5 ваг. % фталатів) у складі полімерного композиційного матеріалу приводять до незначного підвищення питомого об'ємного та поверхневого електроопору. Внаслідок пластифікації створюються більш

сприятливі можливості для зростання електропровідності за рахунок підвищення гнучкості полімерного ланцюга і підвищення рухливості носіїв [4, 5].

Питомий електроопір під час старіння полімерних зразків із вторинної сировини також визначається особливостями зміни їх фізико-хімічних властивостей. На ранніх етапах старіння (до 2-х років) зростання кількості вторинної сировини у композиції сприяє особливостям структуроутворення із зшивкою ланцюгів, утворенням жорсткої просторової сітки, збільшенню кристалічних областей полімерної матриці, які відбуваються в матриці поліетилену, та зменшення питомого електроопору. Після 3-х років старіння у непластифікованих зразках спостерігається збільшення електроопору, що пов'язується з деструкційними процесами, утворенням пор, крейзів та тріщин [6, 7]. У пластифікованих зразках,

внаслідок незначних структурних змін у полімерній матриці, електричні характеристики стабілізуються.

Диференціація концентраційних змін об'ємного та поверхневого питомого електроопорів пов'язується із різною кількістю задіяних каналів перенесення заряду, яка у випадку вимірювання об'ємних електропровідних характеристик є меншою, проте їх виникнення при збільшенні кількості додатків є активніше.

Таким чином, використання незначної кількості додатків у вигляді пластифікаторів на основі фталатів дозволяє значно покращити фізико-хімічні та електричні властивості вихідних композиційних матеріалів із вторинної полімерної сировини та стабілізувати зміну їх електричних властивостей при старінні протягом 3-х років.

- [1] Е.А. Каневская Современное состояние методов ускоренных испытаний атмосферостойких полимерных покрытий // *Лакокрасочные материалы и их применение*, 1, сс. 77-81 (1971).
- [2] В.С. Каверинский, Ф.М. Смехов, А.Г. Ярославцева. Исследование полимерных материалов и покрытий с помощью электрических методов // *Лакокрасочные материалы и их применение*, 1, сс. 38-42 (1980).
- [3] *Электрические свойства полимеров* / под. ред. Б.И. Сажина. Химия, Л. 224 сс (1986).
- [4] Б.И. Сажин. *Электропроводность полимеров*. Химия, М.-Л. 160 сс (1965).
- [5] Ф. Гутман, Л. Лайонс. *Органические полупроводники*. Мир, М. 696 сс (1970).
- [6] Н.І. Доманцевич, Б.П. Яцишин. Структуро- та дефектоутворення при довготривалому старінні інгібованих полімерних плівок // *Фізика і хімія твердого тіла*, 4 (2), сс. 323-328 (2003).
- [7] Н.І. Доманцевич. Дефекто- та тріщиноутворення під час старіння модифікованих поліетиленових плівок // *Вісник ЛКА*, 6, сс. 97-101 (2004).

N.I. Domantsevich, M.M. Martynjuk, B.P. Yatsyshyn

## Concentration changes of Electrical Properties Polymer Materials from the Secondary Raw Materials

*Lviv Academy of Commerce 10, Tugan Baranovsky, Str. Lviv, 79008, Ukraine*  
*E-mail: [ecofizbo@lac.lviv.ua](mailto:ecofizbo@lac.lviv.ua)*

The electrical characteristics of polymeric materials made from secondary raw material were investigated. The dependence of value volumetric and surface resistivity from composition is shown.