СЕКЦІЯ 1. Композиційні матеріали на основі полімерів.

**УДК: 678.046(031)54:057:66.022.32**

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ОКСИДУ ЦИНКУ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИТІВ**

**Євпак Вікторія Вікторівна**

студентка,

КПІ ім. Ігоря Сікорського

[yevpak.viktoriia@lll.kpi.ua](mailto:yevpak.viktoriia@lll.kpi.ua)

**Мельник Любов Іванівна**

к.т.н., доцент,

КПІ ім. Ігоря Сікорського

[luba\_xtkm@ukr.net](mailto:luba_xtkm@ukr.net)

**Анотація.** В даній статті розглянуто вплив нанодисперсного оксиду цинку на різні полімерні матриці. Проаналізовано дослідження з заданої теми, та виявлені зміни, що відбуваються при додаванні оксиду цинку до полімерної матриці. Проаналізовано залежність зміни механічних характеристик полімерного композиту від концентрації оксиду цинку.

**Ключові слова.** Оксид цинку, нанодисперсний наповнювач, полімерна матриця, поліетилен, поліпропілен, латекс.

**Abstract.** This article examines the effect of nanodispersed zinc oxide on various polymer matrices. The research on the given topic was analyzed, and the changes occurring when zinc oxide was added to the polymer matrix were identified. The dependence of the change in the mechanical characteristics of the polymer composite on the concentration of zinc oxide was analyzed.

**Key words.** Zinc oxide, nanodisperse filler, polymer matrix, polyethylene, polypropylene, latex.

Нанодисперсні наповнювачі в останні роки отримали значну увагу як потенційні компоненти для модифікації властивостей полімерних матеріалів. Один з найбільш досліджуваних наповнювачів – це нанодисперсний оксид цинку (ZnO), який має високу корозійну стійкість та стійкість до окислення. Володіє антимікробним ефектом, що робить його затребуваним при виготовленні полімерних композиційних матеріалів (ПКМ).

Також в залежності від його концентрації в складі ПКМ можна змінювати механічні, термічні, електричні та оптичні властивості. При виготовлені таких ПКМ в якості полімерної матриці найчастіше використовують поліетилен та поліпропілен.

Так в дослідженнях [1, 2] показано, що введення ZnO до 5 мас.% покращує міцність на розрив та зносостійкість ПКМ на основі поліетилену (ПЕ) та поліпропілену (ПП).

В роботі [3] підтверджено, що з додаванням ZnO до складу ПКМ на основі ПЕ та ПП підвищується термостійкість та стійкість до дії ультрафіолетових променів.

В дослідженні [4] показано, що введення 3 мас.% наночастинок ZnO до складу ПКМ на основі ПП збільшує їх механічні властивості, зокрема: зменшується кількість мікротріщин на поверхні зразків, збільшується міцність на розрив та модуль пружності.

Дослідники [5] розглядали ПКМ на основі суміші ПЕ+ПП при введенні наночастинок оксиду цинку від 0,5 до 5 мас.%. Було встановлено, що зі збільшенням концентрації ZnO модуль пружності зростає більш як на 15 %, а міцність при розтягуванні майже на 24 %.

В роботі [6] проводили вивчення механічних властивостей ПКМ на основі ПЕ і ПП при збільшенняі концентрації ZnO до 10 мас.%. Встановлено, що ПКМ з вмістом 5 мас.% наночастинок оксиду цинку, твердість збільшилась на 12 %, а модуль еластичності – на 43 %, порівняно з базовим полімером. При збільшенні вмісту наночастинок до 10 мас.% призводить до подальшого зростання твердості на 27 % і модуля еластичності на 92 %, міцність на розрив при цьому збільшується на 32% при швидкості деформації 100 мм/хв порівняно з базовим полімером.

Ці ж висновки підтверджені і в роботі [7], де автори на ПКМ з поліетиленовою матрицею при введенні 5 мас.% нанодисперсного ZnO зафіксували підвищення міцності на розрив на 32 %, а модуля пружності на 67 % порівняно з ненаповненим поліетиленом.

В роботі [8] окрім дослідження механічних властивостей, встановлено, при введені 4 мас.% ZnO в ПКМ на основі ПП призводить до збільшення температури деструкції матеріалу до 358 °C.

Нанодисперсний ZnO також може бути використаний для модифікації властивостей латексних матеріалів. Наприклад, введення ZnO до складу латексної композиції може знижувати здатність до розтягу та збільшувати міцність, що, в свою чергу, забезпечує покращену стійкість до розриву. Крім того підвищується стійкість до ультрафіолетового випромінювання та зростають антимікробні властивості латексу.

Так в роботі [9] введення наночастинок ZnO до полібутадієнового латексу підвищує його механічну міцність та еластичність (табл. 1).

**Таблиця 1 – Властивості латексу на основі полібутадієну залежно від концентрації оксиду цинку**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Концентрація ZnO, мас.%** | **Модуль пружності, МПа** | **Міцність при розриві, МПа** | **Відносне подовження при розтязі, %** |
| 0 | 3,5 | 5,7 | 480 |
| 0,5 | 4,1 | 7,1 | 550 |
| 1 | 5,2 | 9,2 | 590 |
| 2 | 7,6 | 13,4 | 680 |
| 4 | 9,7 | 18,6 | 760 |

Автори [10] встановили, що додавання наночастинок ZnO до латексу на основі полівінілового спирту сприяє збільшенню стійкості до дії води та зменшенню рівня водопоглинання майже на 20 %.

В роботі [11] при використанні латексної композиції на основі вінілацетатного латексу просліджуються аналогічні залежності фізико-механічних властивостей від концентрації ZnO.

Робота [12] присвячена дослідженню властивостей латексної композиції на основі стирол-акрилового співполімеру з ZnO в якості наповнювача. Було показано, що зі збільшенням концентрації наповнювача до 5 мас.% збільшується міцності на розрив та міцності при згині. При цьому збільшення концентрації ZnO призводило до зниження електричної провідності матеріалу. Зокрема, було встановлено, що при введенні 2 мас.% ZnO збільшується міцність на розрив на 46%. При збільшенні концентрації до 5% міцність на розрив зростає на 92%, проте зменшується електрична провідність матеріалу.

**Висновки.** Встановлено, що варіюючи вміст нанодисперсного оксиду цинку в складі ПКМ можна регулювати його фізико-механічні та електричні властивості, а також покращити термостійкість, стійкість до ультрафіолетового випромінення та стійкість до дії води, що робить їх перспективними для використання в різних галузях промисловості, таких як автомобільна, електронна та медицина.

**Список літератури**:

1. Jain, S., Mohanty, S., Nayak, S. K., & Kumar, B. (2019). Influence of ZnO nanoparticles on the mechanical and thermal properties of HDPE/ZnO nanocomposites. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 58(17), 1727-1738.
2. Zhou, M., He, Y., Jiang, C., Wang, J., Yan, W., Liu, L., ... & Zhang, L. (2020). Study on the mechanical properties of polypropylene with modified ZnO nanoparticles. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 59(2), 194-203.
3. Chu, C., Li, W., Wang, L., Wang, Y., & Peng, X. (2018). Effect of ZnO nanoparticles on the thermal degradation of polyolefinic materials. Journal of Applied Polymer Science, 135(20), 46206. doi: 10.1002/app.46206.
4. Cheng, Y., Yin, Y., Liu, Y., & Wang, L. (2017). Effects of ZnO nanoparticles on the mechanical properties of polypropylene. Journal of Nanomaterials, 2017.
5. Bretcanu, O., Pizzi, A., Cristea, A. E., Iovu, G., Petrescu, I. V., Roiban, L., & Luzi, F. (2014). Effect of Zinc Oxide Nanoparticles on the Properties of Polypropylene/Polyethylene Blends for Food Packaging. Journal of Polymers and the Environment, 22(3), 392-400.
6. J. Huang, Y. Fu, X. Zhou, Y. Liu, H. Wang, L. Zhang, "Preparation and properties of ZnO nanoparticles modified polymer composites", Applied Surface Science, vol. 256, no. 20, pp. 6086-6090, 2010.
7. Zhang, Y., Li, Z., Zhang, Y., Zhou, L., Li, X., Chen, X., & Yang, M. (2013). The influence of zinc oxide nanoparticles on the mechanical properties of polyethylene. Journal of Applied Polymer Science, 127(4), 2924-2931. doi: 10.1002/app.37668
8. Zhang, Y., Li, Z., Zhou, L., Li, X., Chen, X., & Yang, M. (2013). Effects of zinc oxide nanoparticles on the thermal and mechanical properties of polypropylene. Polymer Composites, 34(9), 1568-1575. doi: 10.1002/pc.22506
9. Qiu, Y., Jiang, T., & Wan, X. (2019). Improved mechanical and physical properties of polybutadiene rubber latex via the addition of ZnO nanoparticles. Polymers, 11(4), 672.
10. Fu, Y., Wei, Q., Huang, H., Li, W., Wang, Y., & Li, L. (2019). Effect of nano zinc oxide on the mechanical and water resistance properties of poly (vinyl alcohol) films. Journal of Applied Polymer Science, 136(24), 47657.
11. Liu, J., Wu, X., Lu, J., Wang, H., Wang, Y., & Guo, B. (2017). Effects of ZnO nanoparticles on the properties of vinyl acetate latex. Journal of Coatings Technology and Research, 14(3), 621-628. doi: 10.1007/s11998-016-9885-0.
12. S. M. Huang, H. S. Sheu, S. S. Lee, "Preparation and characterization of nanocomposite latexes based on styrene-acrylic copolymers and zinc oxide nanoparticles", Journal of Polymer Research, vol. 18, no. 4 (2011), pp. 937-945.