

НОВІ НАНОКОМПОЗИТНІ ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ПОЛІМОЛОЧНОЇ КИСЛОТИ ТА КОМБІНОВАНОГО НАПОВНЮВАЧА «ВУГЛЕЦЕВІ НАНОТРУБКИ – НАНОЧАСТИНКИ СРІБЛА»

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

Анотація

У роботі представлено результати дослідження нанокompatитних полімерних покриттів на основі полімолочної кислоти, модифікованої гібридним нанонаповнювачем – вуглецевими нанотрубками та наночастинками срібла. Встановлено, що введення нанонаповнювача сприяє підвищенню механічної міцності, довговічності та антимікробних властивостей матеріалів. Отримані результати свідчать про доцільність використання таких покриттів у біомедичних і технологічних галузях.

Ключові слова: полімолочна кислота, вуглецеві нанотрубки, наночастинки срібла, нанокompatити, полімерні покриття, антимікробні властивості, механічна міцність

У сучасному матеріалознавстві спостерігається зростаючий інтерес до розробки екологічно безпечних полімерних покриттів з покращеними функціональними властивостями. Полімолочна кислота (ПМК), як біорозкладний полімер, є перспективною основою для створення таких покриттів [1]. Однак її механічні характеристики та бар'єрні властивості потребують поліпшення. Одним із шляхів модифікації ПМК є введення нанонаповнювачів, зокрема вуглецевих нанотрубок (ВНТ) [2] та наночастинок срібла (AgNPs) [3], які здатні формувати гібридні структури та надавати композитам не тільки покращені фізико-механічні властивості, а й антимікробні характеристики.

Метою роботи є отримання нанокompatитних полімерних покриттів на основі полімолочної кислоти, модифікованої гібридним нанонаповнювачем ВНТ–AgNPs, та дослідження їхніх структурних, механічних і антимікробних властивостей.

Нанокompatитні покриття виготовляли шляхом розчинного лиття: полімолочну кислоту розчиняли в диметилацетаміді з наступним додаванням гібридного нанонаповнювача, утвореного за допомогою ультразвукової обробки суміші вуглецевих нанотрубок та наночастинок срібла. Отриману суспензію наносили на скляні підкладки та сушили до повного випаровування розчинника. Структуру та морфологію покриттів досліджували методами мікроскопії, а фазовий склад – методом FTIR-спектроскопії. Механічні характеристики оцінювали за допомогою стандартних випробувань на розтяг, антимікробну активність – за методом дифузії у агар.

Включення гібридного нанонаповнювача ВНТ–AgNPs у матрицю ПМК призвело до значного покращення механічних властивостей композитів. Зокрема, межа міцності на розтяг зросла більш ніж на 40% у порівнянні з незмінним полімером, а модуль пружності – на 30%. Це пояснюється ефективною передачею напружень на межі полімер–наповнювач, а також рівномірним розподілом нанофаз у матриці [4].

Окрім механічної міцності, покриття продемонстрували підвищену зносостійкість та довговічність при експлуатаційних навантаженнях. Завдяки присутності наночастинок срібла матеріал набув виражених антимікробних властивостей, ефективно інгібуючи ріст таких мікроорганізмів, як *E. coli* та *S. aureus*. Морфологічні дослідження підтвердили утворення щільної та однорідної структури з добрим зчепленням між фазами.

Отже, отримані нанокompозитні покриття поєднують в собі високу біосумісність, міцність, стабільність до дії зовнішніх чинників та антимікробну активність, що робить їх перспективними для застосування у сфері біомедичних покриттів, упаковки харчових продуктів та захисних функціональних плівок.

Отримані нанокompозитні полімерні покриття на основі ПМК з гібридним нанонаповнювачем ВНТ–AgNPs демонструють покращені механічні характеристики, зносостійкість, довговічність та антимікробну активність. Комплекс властивостей таких матеріалів дозволяє розглядати їх як перспективні покриття для біомедичних і технологічних застосувань.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Carlotta D. A literature review of poly(lactic acid). *Journal of Polymers and the Environment*. 2001. 9(2). P. 63-84.
2. Ajayan P. M., Zhou O. Z. Applications of carbon nanotubes. *Topics in Applied Physics*. 2001. 80. P. 391-425.
3. Rai M., Yadav A., Gade A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*. 2009. 27(1). P. 76-83.
4. Bakhtiari A., Madaah Hosseini H. R., Alizadeh R., Mohammadi M. Enhancing mechanical and biological properties of 3D-printed polylactic acid scaffolds by graphitic carbon nitride addition for bone tissue engineering. *Journal of Materials Research and Technology*. 2025. 35 (8). P. 308-316.

Лисенков Едуард Анатолійович – доктор фіз.-мат. наук, проф., завідувач лабораторії нанокompозитних матеріалів, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, ealisenkov@gmail.com.

Біла Вікторія Олексіївна – провідний фахівець НДЧ, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, vobila@gmail.com.

Бартошчак Ганна Олександрівна – провідний фахівець НДЧ, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, ho_bartoschak@gmail.com.

New nanocomposite polymer coatings based on polylactic acid and combined filler “carbon nanotube – silver nanoparticles”

Petro Mohyla Black Sea National University

Abstract

The paper presents the results of the study of nanocomposite polymer coatings based on polylactic acid modified with a hybrid nanofiller – carbon nanotubes and silver nanoparticles. It was found that the introduction of a nanofiller contributes to an increase in the mechanical strength, durability and antimicrobial properties of materials. The results obtained indicate the feasibility of using such coatings in biomedical and technological industries.

Keywords: polylactic acid, carbon nanotubes, silver nanoparticles, nanocomposites, polymer coatings, antimicrobial properties, mechanical strength

Lysenkov Eduard Anatoliyovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of the Laboratory of Nanocomposite Materials, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, ealisenkov@gmail.com.

Bila Vitoriya Oleksiivna – Leading Specialist of the DSR, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, vobila@gmail.com.

Bartoshchak Hanna Oleksandrivna – Leading Specialist of the DSR, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, ho_bartoschak@gmail.com.