

УДК 62

Бойченко А.Ю., аспірант
boichenko.a@knutd.edu.ua

Плаван В.П., докт. техн. наук, професор
plavan.vp@knutd.com.ua

ФОРМУВАННЯ АНТИБАКТЕРІАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ШКІРЯНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТЕЗІВ

Українська легка промисловість зазнала суттєвих змін після повномасштабного вторгнення Росії в лютому 2022 року. Перед обличчям безпрецедентних викликів підприємства легкої промисловості по всій Україні впровадили різноманітні адаптаційні заходи, щоб зберегти бізнес і продовжувати роботу. Вимушені воєнні умови стимулювали підприємства легкої промисловості не тільки пристосуватися організаційно, а й здійснити певні технологічні зміни процесів виробництва та переосмислити стратегії подальшого розвитку. Водночас деякі підприємства, розглядають перехід на більш високотехнологічні та наукоємні продукти [1]. З 2022 року в Україні кількість людей, які потребують протезів, зростає. Це зумовило необхідність розробки нових технологій для виробництва протезів та ортезів, які забезпечують комфорт, довговічність та безпеку для користувачів.

Ортопедичні та протезні частини виготовляються з різних матеріалів (Рис. 1). Традиційні гнізда для протезів виготовляються з твердих матеріалів, але розетки можуть бути гнучкими, спиратися на жорсткий каркас, що забезпечує комфорт під час ходьби та сидіння. Таке гніздо виготовлено з еластичного матеріалу в повному контакті із залишковою кінцівкою та дозволяє скорочувати та розширювати м'язи під час ходьби [2].

Одним з матеріалів для внутрішнього оздоблення може бути натуральна шкіра [3]. До переваг натуральної шкіри порівняно з шкірою рослинного походження та синтетичною належать здатність до біологічного розкладання, біосумісність, приємний гриф та естетичність, повітропроникність, міцність та довговічність, можливість перероблення на завершення терміну експлуатації. На сьогодні більшість технології виробництва протезних шкір відповідають сучасним трендам захисту навколишнього середовища [4, 5]. Однак органічна природа натуральної шкіри, попри переваги цього матеріалу, робить її вразливою до мікробного забруднення. Закрита система перешкоджає вентиляції, що призводить до підвищення температури та погіршує водовідведення поту. Така система створює умови для розвитку бактерій та біоплівки, що може призвести до погіршення якості матеріалу та потенційних ризиків для здоров'я користувачів.

Таким чином, актуальність роботи зумовлена необхідністю забезпечення антибактеріального захисту шкіряних матеріалів для запобігання мікробному забрудненню за умов збереження їх якості.

Запобігання розвитку бактерій (наприклад, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Candida albicans*), потребує впровадження одного або декількох з механізмів набуття протимікробних властивостей [6]:



Рис – Кінцівка після ампутації в протезі [7].

1) Захист від адгезії / приєднання бактерій. Антиадгезійні покриття призначені для запобігання початковому етапу утворення біоплівки. Фактори, які впливають на запобігання адгезії бактерій, включають гідрофобність поверхні, заряд клітинної поверхні та шорсткість поверхні матеріалу [7].

2) Вивільнення антибактеріального агента. Антибактеріальні покриття виявляють свою активність, вивільнюючи антибактеріальні сполуки з часом, що дозволяє знищувати як приєднані, так і суміжні планктонні бактерії. Це забезпечує антибактеріальну дію лише там, де це необхідно, таким чином мінімізуючи розвиток резистентності та уникаючи потенційно шкідливих системних наслідків. Однак, оскільки покриття за своєю природою мають обмежені резервуари антибактеріальних агентів, їхня дія, зрештою, лише тимчасова. Активним агентом в такому покритті можуть бути неорганічні наноструктуровані матеріали [8].

3) Покриття із механізмом контактної дії. Основний механізм дії покриття з властивостями contact-killing заснований на мембранних взаємодіях, які забезпечують такі катіонні сполуки як четвертинні амонієві чи фосфонієві солі, хітозан [9].

Для полімерних покриттів з інтегрованими антибактеріальними властивостями застосовуються різні види плівкоутворювачів, зокрема поліуретани (PU). Серед багатьох матеріалів для оздоблення шкіри засоби на основі PU мають гарні плівкоутворювальні властивості, сильну адгезію, приємні тактильні відчуття та вищі механічні характеристики. Поліуретанові покриття можуть бути легко модифіковані під потреби зокрема для надання самовідновлювальних та антибактеріальних властивостей [10].

Розробка антибактеріальних покриттів для натуральної шкіри є важливим кроком у покращенні якості життя людей з обмеженими можливостями. Використання сучасних матеріалів дозволяє забезпечити довговічність, комфорт та безпеку для користувачів.

Список посилань

1. Стан легкої промисловості в Україні: виклики та перспективи [Електронний ресурс] // *Kyivstar Business Hub*. – 2025. – Режим доступу: <https://hub.kyivstar.ua/articles/stan-legkoyi-promislovosti-v-ukrayini-viklyki-ta-perspektivi>
2. Irawan P., Soemardi T., Kusumaningsih W., Reksoprodjo A. Tensile and flexural strength of ramie fiber reinforced epoxy composites for socket prosthesis application // *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*. – 2011. – Vol. 6. – P. 46–50.
3. Bottomley J.M. Footwear: Foundation for lower extremity orthoses // In: *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation* / eds. Lusardi M., Jorge M., Nielsen C. – 3rd ed. – St. Louis (MO, USA): Saunders, 2012. – P. 161–180.
4. Kanagaraj J., Panda R.C., Vinodh Kumar M. Trends and advancements in sustainable leather processing: Future directions and challenges—A review // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2020. – Vol. 8, № 5. – Article ID: 104379. – ISSN 2213-3437.
5. Kanagaraj J., Senthilvelan T., Panda R.C., Kavitha S. Eco-friendly waste management strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review // *Journal of Cleaner Production*. – 2015. – Vol. 89. – P. 1–17. – ISSN 0959-6526.
6. Cloutier M., Mantovani D., Rosei F. Antibacterial coatings: challenges, perspectives, and opportunities // *Trends in Biotechnology*. – 2015. – Vol. 33, № 11. – P. 637–652. – ISSN 0167-7799.
7. Abram A., Zore A., Lipovž U., Košak A., Gavras M., Boltežar Ž., Bohinc K. Bacterial adhesion on prosthetic and orthotic material surfaces // *Coatings*. – 2021. – Vol. 11, Article ID: 1469.
8. Hajipour M.J., Fromm K.M., Ashkarran A.A., Jimenez de Aberasturi D., Ruiz de Larramendi I., Rojo T., Serpooshan V., Parak W.J., Mahmoudi M. Antibacterial properties of nanoparticles // *Trends in Biotechnology*. – 2012. – Vol. 30, № 10. – P. 499–511. – ISSN 0167-7799.
9. Yuan L., Yao Q., Liang Y., et al. Chitosan based antibacterial composite materials for leather industry: a review // *Journal of Leather Science and Engineering*. – 2021. – Vol. 3. – Article ID: 12.
10. Tian S. Recent advances in functional polyurethane and its application in leather manufacture: a review // *Polymers*. – 2020. – Vol. 12. – Article ID: 1996.