

Wear. 2019. Vol. 418–419. P. 24–35. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.wear.2018.11.003>.

10. Малінов Л. С., Малінов В. Л. Ресурсозберігаючі економнолеговані сплави та зміцнюючі технології, які забезпечують ефект самозагартування : монографія. Маріуполь : Рената, 2009. 568 с.

11. Effect of particular combinations of quenching, tempering and carburization on abrasive wear of low-carbon manganese steels with Metastable austenite / L. S. Malinov, I. Yu. Malysheva, V. V. Kukhar et al. Materials Science Forum. 2019. Vol. 945. P. 574–578. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.945.574>.

12. Використання хіміко-термічної обробки для створення метастабільних модифікацій, які реалізують ефект самозміцнення при зношуванні сталі / Я. А. Чейлях, А. П. Чейлях, К. Шиміцу, Т. Ногучи. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2013. № 27. С. 98–110.

13. Cheiliakh A. P., Cheilyakh Y. A., Samotugina Yu. S. Strengthening technologies of materials treatment. Leuven : KU Leuven (Belgium), 2016. 337 p.

14. Development of innovative ways of surface hardening by means of creation of wear-resistant layers with metastable structure, strengthening at wear (part 1) / O. P. Cheiliakh, Y. A. Cheiliakh, N. E. Karavaieva et al. Tratamientos Termicos (Heat Treatment of Metals). Spain, 2014. No. 143. P. 35–36.

DOI 10.70286/EOSS-19.01.2026.014.303-306

ТЕОРЕТИЧНЕ ОЦІНЮВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ У ЗАЛІЗНИЧНІЙ ГАЛУЗІ

Ковальчук Вікторія

к.ф.-м.н., доцент

Ярухін Юрій

аспірант

Кафедра механічної інженерії та цифрових технологій
Навчально-науковий Київський інститут залізничного транспорту
Національного транспортного університету, Україна

Анотація. У статті розглянуто основні аспекти використання композитних матеріалів у транспортному будівництві і для транспортних засобів, використовуваних у залізничній галузі. Аналіз проведений з теоретичної точки зору з урахуванням складної механічної поведінки композитів, армованих волокнами.

Ключові слова: композитні матеріали, транспортне будівництво, залізничні конструкції.

Введення. У різних сучасних галузях переважають композитні матеріали, адже вони мають краще співвідношення міцності до ваги. Ці матеріали порівняно з існуючими традиційними компонентами мають кращі показники за витривалістю, високою жорсткістю і стійкістю до всіх видів корозії. У нашій країні використання композитної арматури в транспортних галузях ще не є достатньо поширеним, зокрема для будівництва доріг. Хоча для певних інших видах будівництва вже є розроблені нормативні документи щодо використання композитних матеріалів. Оскільки композити можуть значно підвищувати міцність транспортних конструкцій, актуальними є дослідження щодо врахування особливостей цих матеріалів при проектуванні складних конструкцій в залізничному секторі.

Мета та задачі дослідження. Дослідити особливості використання композитних матеріалів у транспортному будівництві, машинобудуванні і для транспортних засобів. Проаналізувати переваги конструкційних елементів з композитних матеріалів та виклики, що постають при їх використанні у залізничній галузі.

Результати дослідження і їх обговорення. Композитні матеріали стають актуальною темою сучасних досліджень завдяки перевагам їхніх властивостей порівняно з іншими конструкційними матеріалами. Завдяки стійкості до корозії, підвищеній міцності, адаптивності, економічній ефективності попит на композитні матеріали постійно зростає. Саме тому набувають все більшого значення дослідження, спрямовані на покращення їхніх механічних характеристик [1]. Порівняно з традиційними матеріалами композитні мають меншу вагу і при цьому можуть забезпечувати високу питому жорсткість і міцність. Особливого значення це набуває для розвитку транспортних галузей, для яких важливо, щоб легкі компоненти були одночасно міцними та жорсткими, але при цьому виробництво цих компонентів має бути економічно доцільним з точки зору ефективності [2].

Композитні матеріали також називають композиційними матеріалами або скорочено композитами. Вони являють собою комбінацію двох або більше матеріалів з подібними або різними властивостями, об'єднаних на макроскопічному рівні. Композити складаються переважно з двох складових: армуючої та матричної. Армуюча складова покращує механічні властивості та загальні експлуатаційні характеристики, тоді як матрична складова має адгезійний характер між двома або більше волокнами, а також діє як середовище передачі навантаження між ними [3]. Додавання двох або більше армуючих елементів в одну матрицю дає можливість для оптимізації загальних характеристик отриманого композиту, особливо механічних властивостей. Саме тому композитні матеріали набувають поширення, їх використовують у багатьох інженерних конструкціях.

У залізничному секторі багатьох країн композити використовують для виробництва конструкційних елементів транспортних засобів і рейкових

компонентів, таких як шпали, стрілки, перехрестя, рами візків, матеріали підлоги та інші внутрішні деталі. Такі складові є хорошою заміною існуючим металевим компонентам і сприяють підвищенню економічної ефективності. Саме тому розробники включають їх у свої проекти з метою впровадження інноваційних рішень для транспортної інфраструктури, будівництва доріг, розробку сучасних транспортних засобів та ін. Наприклад, використання композитних матеріалів при виробництві внутрішніх та зовнішніх деталей залізничного транспортного засобу сприяє зменшенню загальної ваги рухомого складу, а це в свою чергу стає суттєвим чинником для зменшення зносу колії.

Завдяки міцності та стійкості (до зносу, до корозії тощо) композитні матеріали в залізничній галузі використовують для підвищення безпеки (вогнестійкість) для покращення довговічності та зменшення витрат на обслуговування, замінюючи метал і дерево у шляховому господарстві (композитні шпали), у вагонах (облицювання, інтер'єри, сидіння), а також в елементах інфраструктури [3].

У колійному господарстві композити використовують на критично важливих ділянках колії, на магістральних коліях та в метро. Новітні матеріали, створені на основі особливостей композитів і певних технологічних прийомів та використовувані для конструкційних елементів будови залізничної колії, забезпечуючи кращі показники довговічності й надійності, покращують експлуатаційні якості. Так, автори роботи [4] розробили модель залізничної шпали, використовуючи композитну сендвіч-структуру зі скловолокна, епоксидної смоли та деяких інших наповнювачів. Цю модель випробовували на стиск, згин та розтяг, щоб перевірити технічну доцільність цих композитів. Під час цих випробувань отримали показники міцності на розтяг, згин та стиск, максимальні значення яких становили 3324 кг/см², 3227 кг/см² та 3208 кг/см² відповідно. Проведені експериментальні дослідження показали, що ці композити відповідають техніко-економічним аспектам та придатні для застосування у шпалах стрілочних переводів.

Використання шпал, армованих композитними матеріалами («композитні шпали», [4]), набуває поширення як потенційно ефективніша альтернатива дерев'яним і залізобетонним шпалам. Змінюючи розміри і геометрію елементів композитних матеріалів, можна змінювати властивості цих матеріалів. З цією метою використовують також комбінування, реорганізацію та розшарування елементів. Наприклад, при проектуванні «композитних шпал», доцільно враховувати, що шпала навантажується лише у двох різних місцях (біля рейок), вона не потребує однакової міцності по всій своїй довжині. Тому можна розробити таку геометричну форму шпали та елементів армування, що забезпечить зменшення обсягів вихідних матеріалів і відповідно сприятиме вирішенню проблеми високої вартості. Також доцільно враховувати й умови експлуатації «композитних шпал». Так, полімерні шпали з довгими поздовжніми скловолокнами добре працюють в умовах, де переважають навантаження на згин

(шпали на баласті), але такий тип шпал не є ідеальним для тих конструкцій [4], яким доводиться витримувати високі зсувні зусилля (шпали на мостах).

У сучасних проектних розробках для транспортного сектору враховують, що композити виготовляють із двох або більше матеріалів, які можуть мати різні фізичні, механічні і хімічні властивості. При точному проектуванні такий новий комбінований матеріал має кращі властивості, ніж окремо взяті армуючі та матричні матеріали. Тому композити, армовані волокнами, можуть демонструвати складну механічну поведінку. Перевагою використання композитних матеріалів у залізничній галузі є те, що вони можуть бути спроектовані відповідно до специфічних вимог цієї галузі, з урахуванням умов функціонування транспортної інфраструктури та експлуатації рухомого складу. Враховуючи реальні умови навантажень, а також використовуючи сучасне програмне забезпечення для комп'ютерного аналізу, можна створювати такі конструкційні матеріали для залізниць, інфраструктури та рухомого складу, які будуть вимагати значно меншого обсягу полімерів і скловолокна, водночас вони будуть забезпечувати дотримання усіх вимог до міцності, жорсткості і надійності. Слід зазначити, що при розробці композитів, армованих скловолокном і придатних для використання у залізничній галузі, для проведення аналізу характеристик цих матеріалів, можна ефективним є застосування прикладних комп'ютерних програм, які реалізують метод скінченних елементів. Цей метод дозволяє проводити експериментальні дослідження і чисельні розрахунки при різних видах навантажень, при зміні геометричних і механічних параметрів дослідження

Висновки. Дослідження показують, що у сучасних умовах швидкого розвитку технологій збільшується кількість різновидів композитних матеріалів. У майбутньому використання композитних матеріалів в транспортних галузях буде поширюватися. Відповідно питання щодо використання таких матеріалів у залізничній галузі потребують всебічного дослідження як теоретичного, так і експериментального.

Список використаних джерел

1. Verma, A. (2022). A perspective on the potential material candidate for railway sector applications: PVA based functionalized graphene reinforced composite. *Applied Science and Engineering Progress*, 15(2), 5727-5727. <https://doi.org/10.14416/j.asep.2022.03.009>.
2. Gioia, E. (2023). *Konstruktionsmethodik faserverstärkter Komponenten für Light Rail Vehicles* (Doctoral dissertation, Technische Universität Wien).
3. Jagadeesh, P., Puttegowda, M., Rangappa, S. M., & Siengchin, S. (2022). Role of Polymer Composites in Railway Sector: An Overview. *Applied Science and Engineering Progress*, 15(2), 5745. <https://doi.org/10.14416/j.asep.2022.02.005>.
4. Gerard, V. A. N., & McKay, M. (2013). Recent Australian developments in fibre composite railway sleepers. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 13(1), 62–66. <https://doi.org/10.56748/ejse.131611>