

Фомін О.В.

Державний університет інфраструктури та технологій

Козинка О.С.

Державний університет інфраструктури та технологій

Скок П.О.

Державний університет інфраструктури та технологій

Черкашин О.П.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Красулін О.С.

Приазовський державний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВНІ КОНЦЕПТИ КУЗОВІВ НАПІВВАГОНІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

В цій статті розглянуті нові матеріали та лакофарбові матеріали, які відіграють особливу роль в машинобудуванні: захист від корозії та механічних коливань, які значно впливають на міцність та довговічність конструкцій. Перспективних концептів моделей кузова напіввагону з нових матеріалів та застосування захисних покриттів для покращення техніко-економічних показників. В роботі були розглянуті основні переваги захисних покриттів. На даний час пофарбувати металеву поверхню неефективно з точки зору антикорозійного захисту. На конвеєрах деталі кузова покривають кількома шарами, кожен із яких посилює загальний ефект. Як усім відомо, основний ворог металу – корозія, його захищають від зовнішнього впливу всіма доступними методами: оцинковуванням, покриттям антикорозійними складами, грунтовками та, звичайно, суцільним шаром фарби. Лакофарбове покриття автомобіля має поєднувати в собі дві протилежні якості: бути одночасно твердим та еластичним. Міцність шару фарби потрібна для стійкості проти механічних пошкоджень, а еластичність – для адаптації до впливу холоду та спеки на метал (розширення та стиснення металевих частин веде до розтріскування фарби). Існують різні види автоемалей: акрилові, алкідні, поліуретанові, і кожен з них має свої особливості. Розглянули автоемалі, які є декоративними покриттями, призначеними для надання автомобілю блиску і яскравого кольору. Металеві фарби для авто містять спеціальні частинки, що надають поверхні особливого блиску і глибини кольору, а також його переливів. Епоксидні фарби на основі епоксидних смол найчастіше застосовуються як ґрунтувальне покриття для металу. Двокомпонентні покриття, засновані на поліуретанових смолах. Вони відрізняються високою міцністю і довговічністю, що робить їх оптимальним вибором для автомобілів, які експлуатуються у важких умовах. Також було розглянуто найсучасніші і високотехнологічні різновиди полімерних покриттів. Існує досить багато полімерних матеріалів, що використовуються для обробки кузовних деталей автомобіля. Також розглянули новий вид захисних покриттів на основі синтетичних компонентів (рідке скло) та кремнію (нанокераміка).

Ключові слова: машинобудування, транспорт, рухомий склад, кузов напіввагона, захисне покриття, нові матеріали, експлуатація, надійність.

Постановка проблеми. Захист промислового обладнання та устаткування має вирішальне значення для промислового середовища з будь-якими складними умовами. Промислові деталі часто зношуються внаслідок витирання, ерозії, хімічного впливу, корозії та механічних пошкоджень. Деталі, які не захищені належним чином,

не функціонуватимуть належним чином, і це може створювати небезпеку на роботі, що призводить до дорогої заміни деталей.

Техніко-економічна ефективність різних типів вагонів визначається капітальними витратами на будівництво та технічне утримання їх в експлуатації, віднесеними на вимірювач роботи

на кожному циклі експлуатації (періоді між заводськими ремонтами) та за весь термін служби з урахуванням простоїв у ремонті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукова робота [1, с. 87] спрямована на дослідження екологічно безпечних полімерних покриттів у сфері автомобільної індустрії, що постійно привертає увагу вчених та практиків. У статті аналізується сучасний стан технологій у цій галузі, розглядаються найновіші дослідження та технологічні розробки, а також обговорюються їхні перспективи впровадження у виробництво. Починаючи з огляду новітніх досліджень лакофарбових матеріалів, виконується розгляд самовідновлювальних матеріалів та мікрокапсул, які мають потенціал для створення стійких та довговічних покриттів.

В роботі [2, с. 33] був проведений експеримент завдяки додавання оксиду графену, помірно відновленого оксиду графену і функціоналізований графен були додані до водорозчинної поліуретанової матриці як антикорозійне армування відповідно. Антикорозійні властивості оксиду графену та його похідних посилені поліуретанових композитних покриттів були охарактеризовані за допомогою електрохімічної імпедансної спектроскопії і випробувань на сольовий туман.

У статті [3, с. 129] розглянуті різні методи випробування лакофарбових покриттів: випробування на нейтральний сольовий туман, випробування в сольовому тумані з оцтовою кислотою (з мідним прискоренням та без мідного прискорення), циклічне випробування на корозію. Також була приділена увага таким параметрам: тривалість випробувань, температурні режими, хімічна агресивність середовища. Аналіз випробувань дає змогу встановити, які методи найбільше відповідають вимогам для визначення стійкості лакофарбових покриттів до корозії.

Постановка завдання. Метою роботи є аналіз нових матеріалів та лакофарбових матеріалів, які відіграють особливу роль в машинобудуванні: захист від корозії та механічних коливань, які значно впливають на міцність та довговічність конструкцій. Перспективних моделей кузова напіввагону з нових матеріалів та застосування захисних покриттів для покращення техніко-економічних показників.

Для досягнення поставленої мети, треба виконати ряд завдань: головні характеристики техніко-економічних параметрів рухомого складу; інноваційні матеріали в автомобілебудуванні;

причини корозії металу та захисні покриття в машинобудуванні; матеріали для захисту металевих конструкцій кузова.

Виклад основного матеріалу. З найбільшою економічністю експлуатуються напіввагони, у яких перевозиться більше половини вантажів. Головною характеристикою вантажного вагона є вантажопідйомність. Максимальна маса вантажу, яку можна перевезти у вагоні за умовами міцності та безпеки руху (чим біша вантажопідйомність, тим більша продуктивність вагона) [4, с. 219; 5, с. 1331]. Так називають ту саму велику вагу вантажу, яку можна транспортувати в цьому вагоні. Універсальний сучасний варіант дозволяє перевезти близько сімдесяти тонн за один раз.

Тара вагона – власна маса вагона у порожньому стані. Маса тари обмежена матеріалами, що забезпечують міцність та надійність конструкції вагона. Коефіцієнт тари, розрізняють технічний, вантажний та експлуатаційний. Технічний коефіцієнт тари – відношення тари до вантажопідйомності. Чим менший технічний коефіцієнт тари тим вигідніший вагон в експлуатації.

У більшості автомобілів деталі кузова, за винятком бамперів, виготовляються з різного металу: алюмінію або сталі різної твердості (хоча в цій ролі можна зустріти і карбон, який поки що занадто дорогий для масового використання [6, с. 240]. Незважаючи на сучасні матеріали та технології, більшість кузовів робиться зі сталі, що володіє такими перевагами як міцність (можна використовувати тонкі листи), відносна легкість формування та зварювання.

Основні переваги захисних покриттів:

- відновлення спрацьованих поверхонь і продовження терміну служби деталей, як нових, так і старих;
- збільшення ефективності конструкцій та деталей;
- економія витрат шляхом уникнення заміни деталей та зменшення запасів запасних частин;
- захист деталей від стирання, ерозії, хімічної атаки та корозії;
- забезпечення відмінної хімічної стійкості для захисту вузлів

В машинобудуванні широко починають використовувати полімерні матеріали (карбон), з яких виготовляють решітки радіатора, бампери, внутрішнє облицювання колісних арок, спойлери та молдинги, які легше і дешевше [7, с. 83; 8, с. 66]. Оскільки основний ворог металу – корозія, його захищають від зовнішнього впливу всіма доступними методами: оцинкуванням, покриттям

антикорозійними складами, ґрунтовками та звичайно суцільним шаром фарби.

Причина корозії завжди однакова: пошкодження лакофарбового покриття, яке відкриває метал для доступу води, солей та реагентів. Під впливом зовнішніх факторів на сталі з'являється іржа, що поширюється як у сторони (поверхнева корозія), так і вглиб (наскрізна корозія). Крім чисто косметичного дефекту іржа знижує функціональність деталі: несучі елементи втрачають міцність, а облицювальні – пружність, через що не можуть повністю відпрацювати на пом'якшення удару у разі ДТП.

На даний час пофарбувати металеву поверхню неефективно з точки зору антикорозійного захисту. На конвеєрах деталі кузова покривають кількома шарами, кожен із яких посилює загальний ефект.

Перший шар – захист від корозії. Це може бути покриття з цинком, та інші склади. Ґрунтовка, необхідна для оптимальної адгезії (зчеплення) з лакофарбовим шаром. Фарба як правило, наноситься в три шари: тонка підкладка, нормальної товщини основний шар і фінішна зовнішня плівка, що складається з більш розбавленої фарби, що дає рівне покриття. Лак поверх фарби може наносити в 1–2 шари прозоре лакове покриття, що дає сяючий глянець і глибину кольору.

Автоемалі є декоративними покриттями, призначеними для надання автомобілю блиску і яскравого кольору. Існують різні види автоемалей: акрилові, алкідні, поліуретанові, і кожен з них має свої особливості. Вони використовуються для створення глянцевого фінішу і захисту кузова від зовнішніх впливів.

Фарби для авто діляться на групи:

- Нітроемалі. Вже застарілі автофарби, що практично пішли з ринку, але іноді зустрічаються на старих автомобілях;

- Алкідні. Нині займають приблизно половину ринку. Алкідні фарби для автомобілів виготовляються на основі алкідних смол, що забезпечує хорошу еластичність і міцність покриття. Вони часто створюють стійкий захист від корозії, тому застосовуються для забарвлення авто з метою відновлення заводського вигляду та захисту кузова від зовнішніх факторів. Зручні у використанні: швидко сохнуть, коштують недорого. Але вимагають обов'язкового шару ґрунтовки на металі, оскільки самі по собі не є повноцінним захистом від корозії;

- Акрилові фарби для автомобілів одні з найпопулярніших і найпоширеніших. Вони виро-

бляються на основі акрилових смол і можуть застосовуватися як для базових шарів, так і як фінішне покриття. Вони бувають однокомпонентними та двокомпонентними. Однокомпонентні використовуються частіше, оскільки їх простіше наносити й вони швидше сохнуть, а двокомпонентні забезпечують більш міцне покриття завдяки додаванню затверджувачів.

- Епоксидні фарби на основі епоксидних смол найчастіше застосовуються як ґрунтувальне покриття для металу. Вони утворюють міцний захисний шар, який також відмінно запобігає появі корозії.

Переваги: висока стійкість до хімічних речовин, міцність і довговічність. Недоліки: епоксидні фарби використовуються переважно для захисту.

- Поліуретанові фарби. Двокомпонентні покриття, засновані на поліуретанових смолах. Вони відрізняються високою міцністю і довговічністю, що робить їх оптимальним вибором для автомобілів, які експлуатуються у важких умовах. Цей барвник утворює захисний шар, стійкий до впливу агресивних чинників довкілля, включно з ультрафіолетом, опадами та механічними пошкодженнями. Переваги: чудова стійкість до зовнішніх впливів; довговічність покриття; глянцева фініш. Недоліки: вони вимагають дотримання суворої технології нанесення, а значить, досвіду і навичок маляра.

- Порошкові фарби застосовуються в автомобільній промисловості для створення міцного і довговічного покриття. Вони наносяться у вигляді сухого порошку і потім запікаються при високій температурі, що забезпечує їх особливу стійкість. Переваги: Міцність. Утворює надстійке покриття, яке не боїться механічних пошкоджень і впливу навколишнього середовища. Екологічність [9, с. 220]. У процесі нанесення порошкової фарби не використовуються розчинники, що робить її більш екологічно безпечною. Недоліки: порошкові фарби не мають такої ж широкої палітри кольорів, як рідкі.

Лакофарбове покриття – це композиційні склади, що наносяться на оброблювані поверхні в рідкому або порошкоподібному вигляді рівномірними тонкими шарами і, що утворюють після висихання та затвердіння, плівку, що має міцне зчеплення з основою. Плівку, що сформувалася, називають лакофарбовим покриттям, властивістю якого є захист поверхні від зовнішніх впливів (води, корозії, температур, шкідливих речовин), надання їй певного вигляду, кольору і фактури.

Лакофарбове покриття автомобіля має поєднувати в собі дві протилежні якості: бути одночасно твердим та еластичним. Міцність шару фарби потрібна для стійкості проти механічних пошкоджень, а еластичність – для адаптації до впливу холоду та спеки на метал (розширення та стиснення металевих частин веде до розтріскування фарби).

Матеріали для захисту класифікуються за речовинами, які лежать в основі захисного покриття. Поліуретанова плівка має структуру, що нагадує гуму. Поліуретан забезпечує гідний механічний захист. Рідка гума – це один із найпростіших і найдешевших способів захисту. На поверхню кузова наноситься з пульверизатора полімерний склад, що застигає у вигляді тонкого, трохи м'якого на дотик матеріалу. На (рисунку 1) зображено перспективний концепт кузова напіввагону з захисним покриттям (рідка гума).

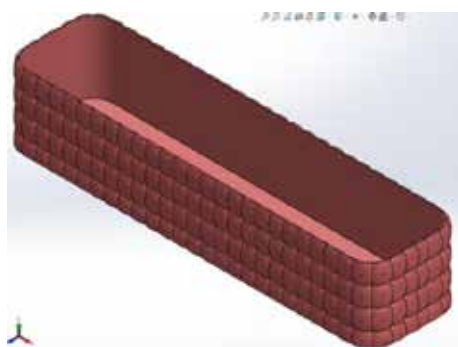


Рис. 1. Перспективний концепт кузова напіввагону з захисним покриттям (рідка гума)

Рідка гума відмінно схоплюється і з пластиком, і з металом, що дає рівне непрозоре покриття. Знімати її з кузова легко: вона відклеюється від поверхні, не пошкоджуючи лак і залишаючи слідів. По суті це гума з балона. Вона наноситься розпорошенням на вимитий та висушений кузов. Можна покрити всю поверхню кузова. Наносити можна у кілька шарів. Покриття буває прозорим чи кольоровим.

Полімерні покриття. Однією з найсучасніших і високотехнологічних різновидів полімерних покриттів є антифрикційні покриття. Існує досить багато полімерних матеріалів, що використовуються для обробки кузовних деталей автомобіля. Найбільшого поширення знаходять: 1) полісечовина – є полімером на основі двох компонентів. 2) Рідке скло – на основі синтетичних компонентів, поліролі на основі полімерної речовини. 3) Новий вид захисних покриттів на основі кремнію (нанокераміка). Розчини нано-

сяться методом полірування, створюючи шар приблизно 0,5 мкм.

Рідке скло відрізняється від кераміки (нанокераміки) тим, що наноситься в один шар (керамічне покриття може становити від 3 до 10 шарів) і відповідно служить менше. Керамічне покриття, яке застосовується на різних поверхнях для забезпечення їх довготривалого захисту. Нанесення складу здійснюється дуже тонким шаром. Затверділе керамічне покриття захищає лакофарбове покриття від впливів навколишнього середовища, таких як ультрафіолетові промені, сіль, пташиний послід і іржавий наліт, а також знижує механічні пошкодження.

Тефлон. Полімерні склади з включенням тефлонів застосовуються для обробки авто з метою підвищення водовідштовхувальних та грязевідштовхувальних властивостей.

Як напильований матеріал найчастіше виступають поліестер, пластизоль, полівінілдефторид та деякі інші. Бувають поліуретановими або полісечовинними. Поліуретан дешевше та простіше у нанесенні.

За структурою вони схожі на фарби, проте замість пігменту містять високодисперсні частинки твердих масил: дисульфиду молібдену, графіту, політетрафторетилену (ПТФЕ) та ін. Ці компоненти рівномірно розподілені в полімерному сполучному, в якості якого можуть виступати епоксидні, акрилові, титанатові та інші смоли. На (рисунку 2) зображено перспективний концепт кузова напіввагону з захисним полімерним покриттям.

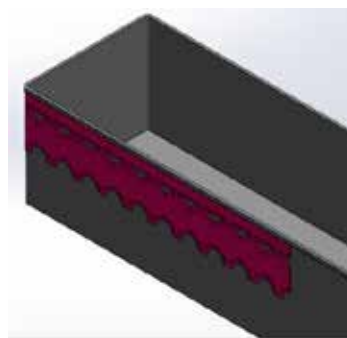


Рис. 2. Перспективний концепт кузова напіввагону з захисним полімерним покриттям

Вони різняться і на вигляд, надають поверхні фактуру, бувають дуже яскравих і навіть отруйних забарвлень. Перед нанесенням полімерних покриттів потрібно зачистити поверхню від іржі, провести знежирення, прогрунтувати, виконати антикорозійну обробку. Полімери наносяться назавжди, тобто видаляють їх разом із деталями кузова

або хоча б із фарбою. Полімерний захист – найкращий за своїми покривними характеристиками.

Висновки. 1) Економічні показники в оцінці надійності дуже важливі, оскільки підвищення рівня надійності в машинобудуванні, з одного боку, пов'язані з додатковими матеріальними витратами, з другого – зі зменшенням витрат з їхнього ремонту і обслуговування.

2) Для захисту кузова автомобіля використовують різноманітні методики та матеріали. Всі вони є єдиною метою – запобігти передчасному зносу зовнішнього покриття і продовжити термін служби.

3) Лакофарбове покриття (ЛФП) автомобіля має поєднувати в собі дві протилежні якості: бути одночасно твердим та еластичним. Міцність шару

фарби потрібна для стійкості проти механічних пошкоджень, а еластичність – для адаптації до впливу холоду та спеки на метал (розширення та стиснення металевих частин веде до розтріскування фарби). Матеріал характеризується товщиною шару, який може змінюватись між показниками 170 і 200 мікрон.

4) Деталі, оброблені полімерними речовинами, мають довгий термін служби. Рідка гума має високий ступінь адгезії, з часом добре знімається одним шматком, не залишаючи слідів. Необхідно наносити мінімум 5 шарів (товщина покриття має бути від 80 мікрон). Новий вид захисних покриттів на основі синтетичних компонентів (рідке скло) та кремнію (нанокераміка). Створюючи шар приблизно 0,5 мкм.

Список літератури:

1. Павленко В. М. / та ін. Новітні технології в екологічно безпечних полімерних покриттях: дослідження, технології, перспективи. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2024. № 1 (19). С. 85–94. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-85-94>
2. Jing Li et al. Reinforcement of graphene and its derivatives on the anticorrosive properties of waterborne polyurethane coatings. *Composites Science and Technology*. P. 30-37.2016. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2016.04.017>
3. Павленко В. М. / та ін. Дослідження методів випробування лакофарбового покриття на стійкість до корозії. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2023. № 2 (18). С. 127–133. doi: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-127-133>
4. Сосунов Н. Н. Підвищення ефективності процесів експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу у системі ремонтних підприємств галузі. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. Луганск. 2006. С. 219–223.
5. Sagin, S.; Kuropyatnyk, O.; Sagin, A.; Tkachenko, I.; Fomin, O.; Pištěk, V.; Kučera, P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. *J. Mar. Sci. Eng.* 2022. 10, 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>
6. Gorobchenko O., Fomin O., Gritsuk I., Saravas V., Grytsuk Y., Bulgakov M., Volodarets M. and Zinchenko D. Intelligent Locomotive Decision Support System Structure Development and Operation Quality Assessment. *IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS)*. Kharkiv, Ukraine. 2018. P. 239-243. doi:10.1109/IEPS.2018.8559487
7. Sulim A.O., Fomin O.V., Khozya P.O., Mastepan A. Theoretical and practical determination of parameters of on-board capacitive energy storage of the underground rolling stock. *Scientific Bulletin of National Mining University*. 2018. Issue 5 (1), P. 79-87. doi: 10.29202/nvngu/2018-5/8
8. Fomin O., Sulym A., Kulbovsky I., Khozia P., Ishchenko V. Determining rational parameters of the capacitive energy storage system for the underground railway rolling stock. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2018. 2/1(92). P. 63-71. doi: 10.15587/1729-4061.2018.126080
9. Sergii V. Sagin, Sergii S. Sagin, Oleksij Fomin, Oleksandr Gaichenia, Yurii Zablotskyi, Václav Pištěk, Pavel Kučera. Use of biofuels in marine diesel engines for sustainable and safe maritime transport. *Renewable Energy*. 2024. 120221 ISSN 0960-1481 <https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120221>

Fomin O.V., Kozynka O.S., Skok P.O., Cherkashin O.P., Krasulin O.S. PROSPECTIVE CONCEPTS OF CAR BODIES FOR GONDOLA CARS USING NEW MATERIALS AND PROTECTIVE COATINGS

In this article, new materials and coatings are discussed, which play a crucial role in mechanical engineering: protection from corrosion and mechanical vibrations that significantly affect the strength and durability of structures. The article presents prospective concepts for the body models of hopper cars using new materials and protective coatings to improve technical and economic performance. The work discusses the main advantages of protective coatings. Currently, painting a metal surface is ineffective in terms of corrosion protection. On production lines, body parts are coated with several layers, each of which enhances the overall

effect. As is well known, the main enemy of metal is corrosion, and it is protected from external influences by all available methods: galvanizing, coating with anti-corrosion compounds, primers, and, of course, a solid layer of paint. The automotive paint coating must combine two opposite qualities: it must be both hard and elastic. The strength of the paint layer is needed for resistance to mechanical damage, while elasticity is necessary to adapt to the effects of cold and heat on the metal (the expansion and contraction of metal parts leads to cracking of the paint). There are various types of automotive enamels: acrylic, alkyd, and polyurethane, each with its own characteristics. The article also discusses automotive enamels, which are decorative coatings designed to give the vehicle a shiny and bright color. Metallic paints for cars contain special particles that provide the surface with a unique shine and depth of color, as well as its color transitions. Epoxy paints based on epoxy resins are most often used as a primer coating for metal. Two-component coatings based on polyurethane resins are characterized by high strength and durability, making them an optimal choice for vehicles operating in harsh conditions. The article also covers the latest and most advanced types of polymer coatings. There are quite a few polymer materials used for processing automotive body parts. The article also examines a new type of protective coatings based on synthetic components (liquid glass) and silicon (nanoceramics).

Key words: mechanical engineering, transportation, rolling stock, gondola car body car body, protective coating, new materials, operation, reliability.