

DOI: <https://doi.org/10.37129/2313-7509.2020.13.1.237-243>

УДК 667.613.3

В.В. Бачинський, к.т.н., с.н.с**С.В. Абрамов**, к.т.н.**О.І. Кондратенко****А.В. Буз****А.О. Шевченко****О.М. Соколовський***Військова академія (м. Одеса), Україна*

МОЖЛИВОСТІ БАГАТОШАРОВИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

У статті розглядається проблема використання багатошарових захисних покриттів для озброєння та військової техніки, які забезпечують захист від впливу атмосферних, агресивних середовищ та одночасне маскування об'єктів. Захисні покриття є найбільш доступним і ефективним засобом захисту ОВТ, утворюючись на поверхні виробів у результаті нанесення на них рідких лакофарбових матеріалів і їхнього наступного висихання. До захисних покриттів крім надійного захисту від корозії, подаються найрізноманітніші вимоги: твердість, еластичність, тривкість до удару, тертя й інших механічних впливів, термостійкість, водо і паропроникність і т.д.

Покриття повинно відповідати одночасно декільком вимогам, що іноді важко реалізувати повною мірою в одному зразку. Відмінність цих покриттів від відомих лакофарбових покриттів полягає в здатності покриттів виконувати одночасно кілька функцій. Практичне використання багатошарових захисних покриттів дозволяє підвищувати бойову ефективність озброєння та військової техніки Сухопутних військ.

У статті запропоновано нова технологія комплексного захисту ОВТ за рахунок превентивного нанесення багатошарових захисних покриттів.

Ключові слова: захисні покриття, фарба, озброєння та військова техніка, багатошарові захисні покриття.

Постановка проблеми

Багатошарове захисне покриття є найбільш доступним і ефективним засобом боротьби не лише з корозією та пропускнуою здатністю матеріалів, а і, як що застосовувати її для техніки у військовій сфері – з помітність у різних спектрах діапазону частот. Про широке застосування подібних технологій вказує і той факт, що лише для обробки озброєння та військової техніки (далі – ОВТ) рідкими лакофарбовими матеріалами в армії США витрачають щорічно до 10 мільярдів доларів, при цьому, кожен третій долар з них витрачається на знімання старої фарби і нанесення нової [1].

Вигідно відрізняючись від інших видів захисних покриттів своєю дешевизною, простотою нанесення і надійністю, багатошарові захисні покриття знайшли широке застосування і є домінуючими. В даний час на більш ніж 80% усіх металевих виробів наносять захисні покриття, що в рази збільшує їх термін експлуатації.

Такий економічний ефект є дуже актуальним і для Збройних Сил України, які в період агресії з боку Російської Федерації та економічного колапсу викликаному пандемією, змушені відчувати на собі дефіцит коштів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

Бойова ефективність ОВТ залежить від їх тактико-технічних (паспортних) характеристик, знань особового складу й умов бойової обстановки. За інших рівних умов бойова ефективність техніки значно знижується при веденні бойових дій, якщо противником застосовується, наприклад, зброя масового ураження, вражаючі фактори якої істотно впливають як на стан ОВТ, так і на фізичний і психічний стани екіпажів (обслуги) [1].

У зв'язку з цим актуальним є пошук нових наукових підходів до вирішення даної задачі.

Сьогодні тривають розробки матеріалів, про які військові, вчора могли тільки мріяти [2]. Сталь і пластик скоро поступляться місцем новим революційним матеріалам – водовідштовхуючим, теплонепроникним і фантастично міцним. Вони будуть дешевші, міцніші, кращі, якісніші в усіх відношеннях [3]. Однак, в сучасних економічних умовах ефективність модернізації наявного озброєння за рахунок удосконалення існуючих захисних покриттів є безумовна [4].

Огляд літератури за темою, дозволив дійти висновку, що у даний час відсутні науково-технічні підходи, які б дозволили підвищувати захист ОВТ Сухопутних військ ЗСУ за рахунок використання багат шарових захисних покриттів.

Постановка завдання

Таким чином, вирішення задачі з підвищенням захисту ОВТ за рахунок використання багат шарових захисних покриттів, має актуальну проблематику.

Метою статті є вирішення питання забезпечення захисту ОВТ за рахунок використання багат шарових захисних покриттів.

Для досягнення поставленої мети вирішені наступні задачі:

- проведений аналіз необхідності удосконалення методів та засобів підвищення захисту ОВТ за рахунок модернізації лакофарбових покриттів;
- проведено дослідження щодо використання багат шарових захисних покриттів;
- розроблені пропозиції щодо підвищення захисту ОВТ за рахунок нанесення на поверхні багат шарових захисних покриттів.

Виклад основного матеріалу дослідження

Вірно підібрана консистенція при заданому алгоритмі нанесення після висихання утворює захисний шар – саме такий спосіб залишається найбільш доступним і ефективним засобом захисту різного роду виробів.

До переваг захисних покриттів, що використовуються у різноманітних умовах експлуатації, можна віднести: простота нанесення і можливість застосування для захисту виробів великих габаритів і складної конфігурації; можливість відновлювання і ремонту захисних покриттів на місці експлуатації; можливість сполучення захисних покриттів з іншими методами захисту; більш низька вартість у порівнянні з іншими видами захисних покриттів.

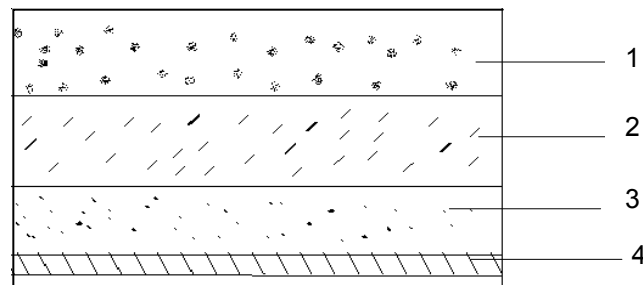
До захисних покриттів, крім надійного захисту від корозії, подаються найрізноманітніші вимоги: твердість, еластичність, тривкість до удару, тертя й інших механічних впливів, термостійкість, водо- і паропроникність та ін.

Покриття повинно задовольняти одночасно декілька вимог, що іноді важко об'єднати повною мірою в одному виді захисного покриття. Наприклад, акрилові емалі характеризуються гарною атмосферостійкістю, але вони не стійкі до синтетичних олій. Епоксидні емалі мають високу стійкість до палива, синтетичних олій, але не до високої атмосферостійкості. Поліуретанові покриття мають великий комплекс властивостей: це дуже висока атмосферостійкість, стійкість до усіх видів мастильних масел, палива, ерозійності, проте вони складні у виробництві фарбувальних робіт та ремонту.

Як відомо [5], вибір типу покриття визначається призначенням виробу. Але захисним покриттям має бути притаманний певний комплекс фізико-механічних властивостей, які забезпечують їх збереження на розрахунковий термін служби. Враховуючи вимоги, які висуваються до покриттів ОВТ, і практичний досвід в цій галузі, для захисту виробів і обладнання використовуються матеріали на основі перхлорвінілових смол, сополімерів вінілхлориду та ін. Так, ХВ-518, ХС-744 застосовують для фарбування бронетанкового і артилерійського озброєння; НЦ-1200, МЛ-12 – автомобільної техніки, АС-1115 – авіаційної. Лакофарбові покриття на основі епоксидних (ЕП-140) і поліуретанових (УР-176) смол набули найбільшого використання в країнах НАТО.

Основна маса лакофарбових матеріалів, що використовуються для фарбування ОБТ, є багатокомпонентними системами, які здатні, при нанесенні їх тонкою протокою на поверхню виробів, висихати з утворенням плівки, що утримується силою адгезії. При цьому застосування шкірного компонента заздалегідь визначено або на основі результатів досліджень і подальших випробувань, або на основі багаторічної практики.

Основною метою застосування будь-якого захисного покриття на поверхні є одержання плівки з заданими властивостями та захист конструкційних матеріалів від впливу атмосферних чинників і агресивних середовищ (рис. 1).



*1 – верхній шар, що контактує з зовнішнім середовищем;
2 – проміжний шар; 3- нижній (адгезійний) шар; 4 – підкладка*

Рис. 1. Схема захисного покриття

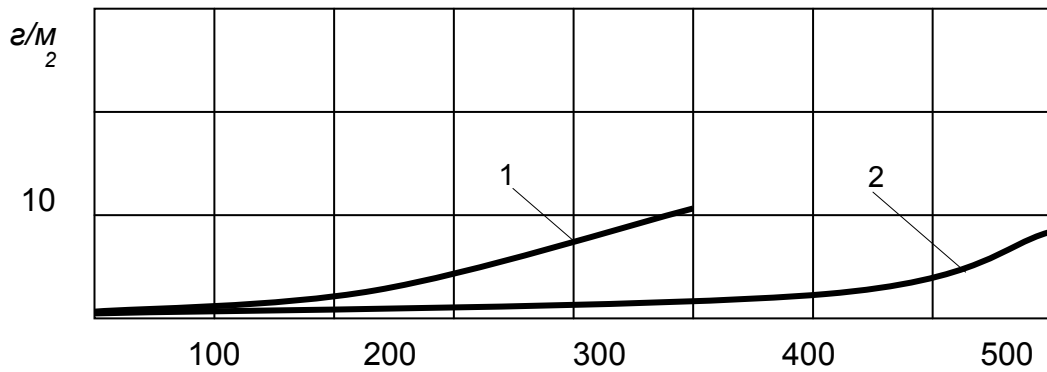
Адгезія нижнього шару лакофарбового покриття, що захищає поверхню (підкладку) дуже впливає на швидкість протікання підплівочної руйнації підкладки, тому що наявність адгезійної взаємодії між покриттям і підкладкою перешкоджає проникненню води, кисню, агресивних речовин до поверхні поділу підкладки-покриття. У такому випадку молекули води, кисню й агресивних речовин можуть контактувати з поверхнею тільки на дуже обмежених площах – ділянках порушення адгезійної взаємодії з підкладкою.

У випадку повного порушення адгезійної взаємодії покриття з підкладкою, стаціонарної дифузії води, кисню й агресивних речовин через плівку захисного покриття, швидкість підплівової руйнації практично не буде відрізнятися від швидкості руйнації незахищеної підкладки. Експериментальні дані підтверджують це припущення (рис. 2).

У одному шарі покриття важко реалізувати усі властивості, які б відповідали запропонованим вимогам, включаючи технологічні. Тому до першого шару, що утворить поверхню поділу з підкладкою, дається вимога забезпечення надійної адгезії з ній усіх шарів покриття і максимально можливого уповільнення корозійного процесу на поверхні поділу, а до інших шарів покриття – вимоги мінімальної проникності для води, кисню й електролітів, максимальної експлуатаційної стійкості, а також спеціальних і декоративних властивостей.

Часто до проміжних або перших шарів покриття подаються вимоги можливості вирівнювання з їхньою допомогою дефектів поверхні, але іноді, навпаки, від покриття потрібний захист поверхні від яких-небудь впливів без зміни її природного кольору і фактури.

Іноді запропонованим вимогам задовольняє покриття, отримане шляхом нанесення одного або декількох шарів одного лакофарбового матеріалу, а в ряді випадків не забезпечується необхідний захист при нанесенні декількох шарів трьох-чотирьох лакофарбових матеріалів, що різняться по своєму складу.



1 – під вільно лежачою плівкою емалі,

2 – під плівкою покриття емалі, нанесеної на поверхню сталі за тією ж технологією, що і вільна плівка

Рис. 2. Втрата маси 1 м² поверхні сталі під плівкою перхлорвінілової емалі в 20% соляній кислоті при 40°C

Вибір і побудова системи покриття (у загальному випадку) залежать від типу матеріалу, що захищається, можливого підготування його поверхні й умов експлуатації виробу, що захищається.

Деформуюче (камуфляжне) фарбування ОБТ являє собою багатобарвне фарбування, що складається з різноманітних за формою плям, кольори яких відповідають найбільше характерним кольорам фону навколишньої місцевості. Вона складається з основного кольору, що зливається з переважним кольором фону, і двох-трьох додаткових кольорів.

Камуфляжне фарбування зменшує помітність військової техніки й озброєння через злиття окремих плям фарбування з навколишнім фоном і знижує дальність виявлення і впізнання техніки й озброєння при розвідці їхнім фотографуванням і спостереженням неозброєним оком або в електронно-оптичні й оптичні прилади. Крім того, камуфляжне фарбування підвищує ефективність маскування техніки табельними засобами і місцевими підручними матеріалами.



Рис. 3. Деформуюче піксельне фарбування (варіант)

Для маскувального фарбування ОБТ рекомендується застосовувати готові фарби (емалеві, водоемульсійні, барвисті суміші із сухих пігментів). Основний колір фарбування, що деформує, повинен займати по площі: при трибарвному фарбуванні – 45-55%; при двоколірному фарбуванні – 55-70%. При виконанні деформуючого фарбування варто уникати одноманітності і шаблону в розташуванні плям, надаючи перевагу піксельному фарбуванню (рис. 3).

Розмаїтість фарбування, що деформує, може бути досягнуто: використанням малюнків фарбування даного виду техніки для інших фонів, а також малюнків фарбування техніки,

близької по габаритам і зовнішньому вигляді; виміром розмірів і розташуванням плям додаткових кольорів, їхнього розташування за умови дотримання вимог по фарбуванню ОБТ; різноманітним сполученням основного і додаткових кольорів.

Деформуюче піксельне фарбування для рослинних фонів крім основного зеленувато-коричневого кольору можуть включати додаткові кольори: ясно-зелений, жовто-сірий, темно-сірий і ясно-сірий. При цьому плями фарбування, що деформують, повинні задаватися по заводському захисному фарбуванню (зеленувато-коричневому), що є основним кольором для рослинних фонів.

Деформуюче фарбування повинно складатися зі значних асиметрично розташованих плям різноманітних кольорів. Мінімальні поперечні розміри плям фарбування, що деформуються, повинні бути не менше 0,5 м і їхнє розташування повинно повторювати форму, що офарблює об'єкт. Плями

фарбування по своєму малюнку повинні бути подібні плямам природних фонів. Контури плям повинні бути складними і різноманітними по розташуванню, і не повинні розташовуватися симетрично щодо зовнішнього контуру, що фарбує об'єкт і не повинні повторювати (підкреслювати) його.

Плями фарбування повинні переходити з однієї площини об'єкта на іншу і не збігатися з центрами та виступаючими або вхідними кутами.

Люки, оглядові щілини, бійниці та ін. повинні, як правило, включатися в темні плями фарбування або відтворюватися межею двох суміжних плям.

Стекла кабін, освітлювальних, прицільних і інших оптичних приладів, номерні й інші знаки і покажчики, замки знарядь та ін. не фарбуються. Усунення блиску скла досягається застосуванням пристосувань, що завішуються.

Під захисною системою покриття варто розуміти оптимальну кількість шарів ґрунтовки й ізолюючих шарів емалі, причому роль нижнього (адгезійного) шару є вирішальною.

Захисні властивості системи лакофарбового покриття, що складається з ґрунтовки й емалі, у вирішальному ступені залежать від вологопроникності та іонопроникності зовнішнього шару емалі або лаку. Із збільшенням кількості шарів, тобто товщини ізолюючого шару, захисний ефект покриття збільшується. Наприклад, при збільшенні товщини захисного покриття з 34 до 70 мкм (майже в два рази), корозійні втрати магнієвого сплаву знижуються більш ніж у два рази (табл. 1).

Таблиця 1

Паропроникність і корозійні втрати 1 см² захисного покриття за 1 рік

Система покриття	Товщина, мкм	Паропроникність, мг/см ²	Корозійні втрати магнієвого сплаву(12 місяців у камері сольового туманна), мг/см ²
Акрилова ґрунтовка + 1 шар перхлорвінілової смоли	35	10,0	0,86
Акрилова ґрунтовка + 2 шар перхлорвінілової смоли	50	8,1	0,5
Акрилова ґрунтовка + 3 шар перхлорвінілової смоли	70	5,5	0,24

Адгезія проміжних шарів часто розглядається як процес взаємної або односторонньої дифузії молекул. При формуванні багатшарового захисного покриття, коли задається декілька шарів полімерного матеріалу різноманітної природи, функціональності, гнучкості застосовується дифузійна теорія адгезії.

Рушійною силою дифузії є різниця термодинамічних потенціалів і наближення їх до рівноваги, яке досягається завдяки тепловому прямуванню макромолекул. Коефіцієнт дифузії адгезива залежить від відносної молекулярної маси, форми молекул і їхньої концентрації. Дифузія адгезива в субстраті обернено тісно пов'язана з гнучкістю їхніх макромолекул і об'єднується зі зниженням їх відносної молекулярної маси. Так збільшення відносної молекулярної маси на один порядок призводить до зниження коефіцієнта дифузії на два порядки.

При нанесенні рідкого лаку, отверділий шар, що лежить нижче, набухає, та полегшує дифузію гнучких молекул адгезива на межі із субстратом. Після формування плівки межу поділу виявити не можливо. Адгезійна тривкість дорівнює когезійній. Якщо ж плівку нижнього шару піддати інтенсивному опроміненню ультрафіолетовими променями, у верхньому шарі плівки відбудеться зшивка макромолекул, у результаті чого дифузія макромолекул із рідкого шару лаку зменшиться. Адгезія буде здійснюватися внаслідок проникнення адгезива в тріщини і пори, наявні на поверхні плівки.

Таким чином, проведені дослідження показали, що за рахунок превентивного нанесення багатшарових захисних покриттів можливо успішно підвищувати захист та маскування та отже і бойову ефективність ОВТ.

Перспективи подальших досліджень

Створення нових технологій щодо комплексного захисту ОБТ за рахунок превентивного нанесення на їх поверхні нових покриттів, плівка лакофарбового покриття яких здатна забезпечувати захист матеріалу техніки ОБТ та одночасно його маскуванню є перспективою подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Бачинський В.В., Хижняк Ж.О., Шелейко О.П. *Можливості спеціальних покриттів для підвищення живучості ОБТ* // *Наук. техн. зб. ВА. - №3. - Одеса.: ВА, 2015. - С.5-10.*
2. *Макеєв В.І., Вакал А.О., Леганьков І.В. Методи оцінки ефективності бойового застосування зразків озброєння і боєприпасів* Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил.— 2017. — № 5(54). — С. 182-186.
3. *Фиговский О. Л., Кудрявцев П. Г., Лейкин А. Д., Шаповалов Л. Д., Иоелович М. Я. Новые индустриальные лакокрасочные материалы* // *Polymate Ltd. – INRC, Migdal Ha-Emek, Israel.*
4. *Модернізація оборонного сектору: як і чим озброюють ЗСУ* // <http://www.mil.gov.ua/ministry/zmi-pro-nas/2019/03/19/modernizacziya-oboronnoho-sektoru-yak-i-chim-ozbrouyut-zsu/>
5. *Лакокрасочные покрытия* / Под ред. Е.Н. Владычиной .- М.: Химия, 1977.- 304 с.

Рецензент: Оленєв В.М., к.військ.н, професор, Військова академія (м. Одеса)

ВОЗМОЖНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

В. Бачинский, С. Абрамов, Е. Кондратенко, А. Буз, А. Шевченко, О. Соколовский

В статье рассматривается проблема использования многослойных защитных покрытий для вооружения и военной техники с целью обеспечения защиты от воздействия атмосферных и агрессивных сред и одновременной маскировки объектов.

Покрытия являются наиболее доступным и эффективным средством защиты вооружения и военной техники, которые образуются на поверхности изделий в результате нанесения на них жидких лакокрасочных материалов и их последующего высыхания. К защитным покрытиям кроме надежной защиты от коррозии, требуются самые разнообразные требования: твердость, эластичность, прочность к удару, трению и другим механическим воздействиям, термостойкость, водо- и паропроницаемость и т.д.

Покрытие должно удовлетворять одновременно нескольким требованиям, которые иногда трудно объединить в полной мере в одном виде защитного покрытия. Отличие этих покрытий от известных лакокрасочных покрытий заключается в том, что они способны выполнять одновременно несколько функций. Практическое использование многослойных защитных покрытий позволяет повышать боевую эффективность вооружения Сухопутных войск.

В статье предложена новая технология по комплексной защите вооружения и военной техники за счет превентивного нанесения на их поверхности новых многослойных защитных покрытий.

Ключевые слова: *защитные покрытия, краска, вооружение и военная техника, многослойные защитные покрытия, жидкие лакокрасочные материалы, боевая эффективность вооружения.*

OPPORTUNITIES OF MULTILAYER PROTECTIVE COATINGS

V. Bachinskyi, S. Abramov, O. Kondratenko, A. Buz, A. Shevchenko, O. Sokolovsky

The article discusses the problem of using multilayer protective coatings for weapons and military equipment in order to provide protection from atmospheric and aggressive environments and mask objects simultaneously. The difference between these coatings from the known paint coatings is that they are capable of performing several functions simultaneously. The practical use of multilayer protective coatings allows you to increase the combat effectiveness of weapons of the Land Forces.

Multilayer protective coatings are the most affordable and effective means of protecting weapons and military equipment products formed on the surface of products as a result of the application of liquid paints and their drying.

The urgency of work in this area is due to the fact that at present there are no means of enhancing the protection of the application of liquid paints due to the use of protective coatings. Thus, the urgency of solving the problems associated with improving the protection of the application of liquid paints by the use of multi-layer protective coatings is unconditional at this time.

Camouflage coloring reduces the visibility of military equipment and weapons due to the merging of individual color spots with the surrounding background and reduces the range of detection and identification of equipment and weapons when reconnoitered by photographing and observing with the naked eye or in electron-optical and optical devices. In addition, camouflage coloring increases the effectiveness of masking equipment with service tools and local materials at hand.

The article shows that due to the preventive application of multilayer protective coatings, it is possible to successfully increase protection and camouflage and, consequently, the combat effectiveness of weapons and military equipment.

The purpose of this article is to address the issue of the protection of the application of liquid paints through the use of multi-layer protective coatings.

Keywords: *protective coatings, paint, weapons and military equipment, multilayer protective coatings, liquid paints, camouflage coloring, combat effectiveness of weapons and military equipment.*