УДК 623.4:620.22:621.7

А. М. Чишок, І. В. Віштак

СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. *У роботі розглянуто сучасні матеріали та технології підвищення надійності елементів військової техніки. Проаналізовано особливості застосування високоміцних легованих сталей, алюмінієвих і титанових сплавів, композиційних матеріалів, а також технологій поверхневого зміцнення, нанесення захисних покриттів та адитивного виробництва. Обґрунтовано доцільність комплексного використання сучасних матеріалів і технологічних рішень для підвищення довговічності, ремонтопридатності та експлуатаційної надійності військової техніки.*

Ключові слова: *військова техніка, надійність, конструкційні матеріали, поверхневе зміцнення, захисні покриття, адитивні технології, неруйнівний контроль, довговічність.*

Abstract. *The paper examines modern materials and technologies for enhancing the reliability of military equipment components. The features of applying high-strength alloy steels, aluminum and titanium alloys, composite materials, as well as surface hardening technologies, protective coatings, and additive manufacturing are analyzed. The feasibility of a comprehensive use of modern materials and technological solutions to increase the durability, maintainability, and operational reliability of military equipment is substantiated.*

Keywords: *military equipment, reliability, structural materials, surface hardening, protective coatings, additive technologies, non-destructive testing, durability.*

Надійність військової техніки є одним із ключових чинників забезпечення її ефективного використання в умовах інтенсивних механічних навантажень, вібрацій, перепадів температур, впливу вологи, пилу та агресивних середовищ. Пошкодження окремих конструктивних елементів може призводити до зниження експлуатаційних характеристик техніки, збільшення витрат на ремонт і скорочення терміну її служби. У зв’язку із цим особливого значення набуває застосування сучасних конструкційних матеріалів, захисних покриттів і технологій виробництва та відновлення деталей [1, 2].

Мета роботи – дослідити основні напрями застосування сучасних матеріалів і технологій, спрямованих на підвищення надійності, довговічності та ремонтопридатності елементів військової техніки.

Одним із перспективних напрямів підвищення надійності військової техніки є використання високоміцних легованих сталей, алюмінієвих і титанових сплавів, а також композиційних матеріалів. Вибір конкретного матеріалу залежить від призначення деталі, характеру навантажень, умов експлуатації та вимог до маси конструкції. Леговані сталі забезпечують високу міцність і зносостійкість, алюмінієві сплави дають змогу зменшити масу конструкцій, а титанові сплави характеризуються сприятливим співвідношенням міцності до маси та корозійною стійкістю. Композиційні матеріали можуть використовуватися для виготовлення окремих конструктивних елементів, де важливими є мала маса та стійкість до зовнішніх впливів [1, 2].

Важливу роль у забезпеченні довговічності деталей відіграють сучасні технології поверхневого зміцнення. До них належать термічна та хіміко-термічна обробка, лазерне зміцнення, дробоструминне оброблення, а також нанесення зносостійких і корозійностійких покриттів. Застосування таких методів дає змогу підвищити твердість поверхневого шару, зменшити інтенсивність зношування та покращити опір утомному руйнуванню [1-3]. Особливо актуальними ці технології є для деталей, які працюють за умов тертя, циклічних навантажень і контакту з навколишнім середовищем.

Перспективним напрямом є використання адитивних технологій, зокрема тривимірного друку металевих і полімерних деталей. Вони відкривають можливості для виготовлення складних за геометрією компонентів, оперативного виробництва окремих запасних частин і відновлення пошкоджених елементів за умови дотримання встановлених вимог до якості [4]. Водночас для забезпечення надійності таких виробів необхідні контроль структури матеріалу, перевірка механічних властивостей, неруйнівний контроль і підтвердження відповідності технічним вимогам [2, 4].

Не менш важливим є впровадження сучасних методів діагностування та моніторингу технічного стану. Ультразвуковий, магнітопорошковий і капілярний методи неруйнівного контролю дають змогу виявляти дефекти без руйнування деталей. Додаткові можливості забезпечують датчики температури, вібрації та навантаження, які використовуються для оцінювання стану агрегатів і своєчасного виявлення ознак несправностей. Кваліфікаційні вимоги до персоналу, який виконує неруйнівний контроль, регламентує стандарт ISO 9712:2021 [3]. Поєднання діагностичних засобів із системами оброблення даних сприяє переходу від ремонту після виникнення відмови до технічного обслуговування за фактичним станом обладнання.

Аналізуючи світовий досвід, зокрема країн-партнерів НАТО, у сфері підтримки життєвого циклу озброєння та військової техніки, варто зазначити, що перспективними напрямами є інтеграція сучасних конструкційних матеріалів, розвиток мобільного адитивного виробництва запасних частин у польових умовах, застосування наноструктурованих захисних покриттів та впровадження інтелектуальних систем предиктивної діагностики (прогнозування відмов).

Ефективність застосування нових матеріалів і технологій залежить не лише від їхніх властивостей, а й від якості виробництва, дотримання технологічних режимів та організації технічного обслуговування. Для обґрунтованого вибору рішень необхідно враховувати повний життєвий цикл виробу, витрати на ремонт, доступність запасних частин і можливість відновлення деталей у польових або спеціалізованих ремонтних умовах. Забезпечення якості виробничих процесів і системного контролю доцільно розглядати відповідно до принципів систем управління якістю, визначених ISO 9001:2015 [5].

Висновки. Підвищення надійності елементів військової техніки потребує комплексного підходу, який передбачає використання сучасних конструкційних матеріалів, технологій поверхневого зміцнення, адитивного виробництва та методів неруйнівного контролю. Поєднання цих рішень дає змогу зменшувати ризик передчасного руйнування деталей, підвищувати їхню довговічність і скорочувати тривалість ремонтних робіт. Подальший розвиток цього напряму пов’язаний із удосконаленням матеріалів, цифровим моніторингом технічного стану та впровадженням технологій прогнозування відмов.

Список використаних джерел:

1. Ashby M. F. Materials Selection in Mechanical Design. 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2016. URL: https://shop.elsevier.com/books/materials-selection-in-mechanical-design/ashby/978-0-08-100599-6.
2. Callister W. D., Rethwisch D. G. Materials Science and Engineering: An Introduction. 10th ed. Hoboken: Wiley, 2018. URL: https://www.wiley.com/en-us/materials-science-and-engineering-an-introduction-10th-edition-p-9781119405498R150.
3. International Organization for Standardization. ISO 9712:2021. Non-destructive testing – Qualification and certification of NDT personnel. URL: https://www.iso.org/standard/75614.html.
4. International Organization for Standardization. ISO/ASTM 52900:2021. Additive manufacturing – General principles – Fundamentals and vocabulary. URL: https://www.iso.org/standard/74514.html.
5. International Organization for Standardization. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. URL: https://www.iso.org/standard/62085.html.

Віштак Інна Вікторівна – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, e-mail: vishtakiv@vntu.edu.ua. https://orcid.org/0000-0001-5646-4996

Чишок Андрій Михайлович – студент групи 1ПМ–24б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: helov12033333@gmail.com.

Vishtak Inna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Life Safety and Safety Pedagogy, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vishtakiv@vntu.edu.ua . https://orcid.org/0000-0001-5646-4996

Chyshok Andrii – Student (Group 1PM–24b), Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: helov12033333@gmail.com