

STARZENIE I KOROZJA ELEMENTÓW NIEMETALOWYCH WYSTĘPUJĄCE W CZASIE EKSPLOATACJI I PRZECHOWYWANIA SPRZĘTU WOJSKOWEGO

DOI: 10.24136/atest.2018.323

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W artykule zaprezentowano wybrane aspekty związane ze starzeniem i korozją elementów niemetalowych wchodzących konstrukcyjnie w sprzęt wojskowy, a także części zamiennych i technicznych środków materiałowych przechowywanych w zasobach magazynowych sił zbrojnych. Przedstawiono podstawowe aspekty praktyczne i potencjalne działania zapobiegawcze realizowane przez użytkownika. Uzupełnieniem artykułu są zdjęcia i rysunki związane z tematem.

Słowa kluczowe: elementy niemetalowe w samochodach, techniczne środki materiałowe, korozja, starzenie, konserwacja.

WSTĘP

Trwający nieustannie rozwój techniki wojskowej, pojawianie się w armii nowych typów sprzętu i wyposażenia oraz realizacja zadań związanych z udziałem Polski w określonych komponentach NATO, a także z misjami pokojowymi poza granicami kraju sprawiają, że nie tylko profesjonalna eksploatacja i obsługa, ale również odpowiednie przechowywanie i konserwacja sprzętu wojskowego (SpW) jest istotnym elementem wysokiego stanu technicznego i właściwego funkcjonowania sił zbrojnych [2-5, 7].

W związku z tym ważne jest zapewnienie odpowiedniej organizacji eksploatacji różnego typu SpW [3,4,15] będącego w użytku bieżącym (UB) oraz prawidłowego prowadzenia procesu przechowywania dużych ilości SpW, technicznych środków materiałowych (tśm) i części zamiennych nie znajdujących się w użytku bieżącym [3, 4, 10, 11].

Zjawiskiem mocno związanym i implikującym określone problemy i zagrożenia w utrzymaniu wysokiego stanu sprawności technicznej i konserwacji jest zjawisko korozji, której to najbardziej znana definicja brzmi: **korozja jest to proces stopniowego niszczenia** zachodzący na powierzchni metali i ich stopów oraz tworzyw niemetalowych (np. betonu, drewna, plastyku, gumy) wskutek chemicznego lub elektrochemicznego oddziaływania środowiska [8, 9, 20, 21].

Nazwa pochodzi od łacińskiego wyrazu *corrodere* – zżerać. Korozja chemiczna polega na chemicznym oddziaływaniu

ośrodka na tworzywo (np. tworzeniu się związków chemicznych metalu z pierwiastkami otoczenia). Korozja elektrochemiczna, która najczęściej niszczy metale, wywołwana jest przepływem ładunków elektrycznych przez granicę metal-elektrolit.

Ze względu na fizykochemiczny charakter środowiska różni się [6, 9, 12, 17, 20, 21]:

- korozję gazową,
- korozję w elektrolitach,
- korozję w nieelektrolitach,
- korozję atmosferyczną,
- korozję ziemną,
- korozję biologiczną (biokorozję).

Proces korozji może zachodzić także w wyniku równoczesnego działania środowiska i innych czynników, np. korozja cierna (*fretting*) – korozja metali wywołana jednoczesnym oddziaływaniem środowiska i tarcia.

Według danych statystycznych w krajach uprzemysłowionych koszty z powodu szkód korozyjnych i konieczności ochrony antykorozyjnej przekraczają 4% PKB. Powszechnie znanymi przykładami korozji są: rdzewienie żelaza, śnieżenie mosiądzu i miedzi, czernienie srebra.

W skali światowej ocenia się, że około 20% wytworzonego metalu traci się bezpowrotnie wskutek korozji. Straty korozyjne w motoryzacji można podzielić na straty bezpośrednie i pośrednie [7, 18, 21].

Straty bezpośrednie wynikają:

- z przedwczesnego zużycia lub zniszczenia SpW i pojazdów i nadmiernej deprecjacji ich wartości spowodowanej korozją głównie nadwozi samochodów ogólnego przeznaczenia i specjalnych,
- z powodu różnego rodzaju napraw głównie pozaplanowych [3,19], które obejmują koszty wymiany elementów blaszanych nadwozia, zespołów w pojazdach, części mechanizmów, koszty lakierowania antykorozyjnego renowacyjnego oraz zużytych do remontu materiałów bezpośrednich i pomocniczych, jak blachy, elektrody, tlen, lakiery itp.

Straty pośrednie wynikają:

- z okresowego wycofania SpW i pojazdów z bieżących zadań związanych z zabezpieczeniem logistycznym transportowym, szkoleniowym i specjalnym,

- z moralnych odczuć właścicieli i użytkowników pojazdów.

Powyższe dane wiążą się również z techniką wojskową w grupie eksploatacyjnej (UB) jak też z SpW przechowywanym w określonych grupach: konserwacji (ZW) [2,3,19,20], oraz przechowywanymi w zasobach magazynowych wojska różnego rodzaju i przeznaczenia części zamiennych i technicznych środków materiałowych (tśm) [13,14].

Korozji zapobiega się między innymi przez wytworzenie na powierzchni przedmiotu cienkich warstewek ochronnych tlenkowych lub fosforanowych, pokrywanie farbami, emaliami i tworzywami sztucznymi lub przez stosowanie odpowiednich stopów m.in. w [8, 12].

Problematyka korozji samochodów min. w [10, 17, 18, 20] jest obszerna i obejmuje zagadnienia korozji nadwozia, mechanizmów i instalacji pojazdu, w tym instalacji elektrycznej, układu chłodzenia silnika, układu wydechowego i hamulcowego.

Polielement korozyjny, jakim jest pojazd, składa się z tysięcy części wykonanych ze stali, staliwa, żeliwa, stopów aluminium i miedzi oraz zespołów uszczelnianych za pomocą uszczelek metalowych, metalowo – azbestowych, kitów, uszczelnaczy plastycznych kauczukowych, z gumy i tworzyw sztucznych.

2. ODDZIAŁYWANIE ŚRODOWISKA NA SZYBKOŚĆ PROCESÓW KOROZYJNYCH I STARZENIA

Rozpatrując przebieg procesów korozyjnych i starzeniowych zachodzących podczas przechowywania sprzętu [2-4,11,13-16, 20], należy uwzględnić następujące czynniki zwiększające ich intensywność:

- wilgotność powietrza,
- temperaturę,
- zanieczyszczenia atmosfery – gazowe i stałe.

Czynniki te są nazywane czynnikami atmosferycznymi, a korozja nimi wywołana – *korozją atmosferyczną*. Korozja atmosferyczna to rodzaj korozji elektrochemicznej. Jej odmienny przebieg w różnych rejonach geograficznych jest spowodowany: wpływem wilgotności względnej, temperatury i jej wahaniami oraz charakterem i zawartością zanieczyszczeń w powietrzu. Na obszarach przemysłowych i miejskich korozja występuje intensywniej wskutek zwiększonej ilości zanieczyszczeń powietrza agresywnymi parami i gazami oraz pyłami.

Wilgotność względna powietrza jest to procentowy stosunek masy wody w jednostce objętości powietrza do masy wody zawartej w tej samej objętości i temperaturze w stanie nasycenia. Temperaturę powietrza, w której powietrze osiąga stan nasycenia parą wodną, nazywa się punktem rosy [9].

Temperatura powietrza wpływa na szybkość przebiegu korozji atmosferycznej, przede wszystkim pośrednio, zmieniając wartość wilgotności względnej. Obniżenie temperatury poniżej punktu rosy powoduje wykroplenie wody z powietrza, co daje początek procesowi korozji.

Zachodzące podczas wysychania wilgoci pokrywającej sprzęt procesy przenikania elektrolitów przez powłoki ochronne są dla powierzchni metalowych szczególnie niebezpieczne ze względu na wnikanie do nieodpornego na korozję podłoża znacznych ilości czynników agresywnych korozyjnie.

3. MATERIAŁY NIEMETALOWE WYSTĘPUJĄCE W SPRZĘCIE WOJSKOWYM

W każdym sprzęcie wojskowym znajduje się różna ilość materiałów niemetalowych zarówno jako elementy konstrukcyjne, wykończeniowe, tłumiące drgania, dekoracyjne i inne [10,12,17,18,20].

Można tu zaliczyć w pewnym uogólnieniu: ogumienie – fot. 1 [1], (opony, dętki, paski klinowe), drewno w postaci desek skrzyń ładunkowych ciężarówek, oraz szkieletów drewnianych kabin, szyby różnych konstrukcji i profili, materiały tapicerskie – fot. 2 [1] (siedzenia, fotele, obicia), materiały wykładzinowe z gumy, filcu, materiały plastikowe w elementach samochodów – fot. 3 [1] i częściach zamiennych, materiały typu brezent i plawil, materiały ceramiczne np. w konstrukcjach silników, układów wydechowych, materiały skórzane.



Fot. 1. Widok opon uniwersalnych



Fot. 2. Wyposażenie tapicerskie kabiny

Jak wcześniej wspomniano oddziaływanie różnych warunków np. atmosferycznych, termicznych, upływu czasu najczęściej przy prawidłowej eksploatacji wykazuje typowe objawy zużycia dla każdego rodzaju materiału.



Fot. 3. Widok elementów kabiny z tworzyw sztucznych



Fot. 4. Widok zużytych elementów tapicerskich

Główną rolę użytkownika sprzętu są działania mające na celu opóźnienie tych procesów [12,19] poprzez mycie, czyszczenie, okresowe obsługi i konserwacje, naprawy głównie w formie wymian, niekiedy klejenia, łatania – fot. 4 [1], uszczelniania itp.

4. PROCESY STARZENIOWE ELEMENTÓW NIEMETALOWYCH

Szybkość procesu korozji może ulec zmniejszeniu lub zwiększeniu pod wpływem różnych czynników, nieco inaczej sytuacja przebiega z materiałami niemetalowymi [20].

Oddziaływanie różnych warunków np. atmosferycznych, termicznych, upływu czasu najczęściej przy prawidłowej eksploatacji wykazuje typowe objawy zużycia dla każdego rodzaju materiału.

Stosunkowo często spotyka się również uszkodzenia jako czynnik wynikowy powyższych stanów np. pęknięcia, rozdarcia.

Procesy starzeniowe materiałów niemetalowych stosowanych w SpW takich, jak: tworzywa sztuczne, guma, materiały ceramiczne, elementy tapicerskie – fot. 5 [1], użytych do wykonania elementów sprzętu wojskowego, zachodzą najczęściej w wyniku agresywnego oddziaływania środowiska i powodują stopniowe ich niszczenie [11, 15, 17, 18, 20].

Tworzywa sztuczne są na ogół materiałami bardziej odpornymi na wpływ środowiska, w jakim się znajdują niż metale.

Starzenie tworzyw sztucznych jest wynikiem korozji chemicznej, związanej z oddziaływaniem na daną powierzchnię

tłenu z powietrza (lub innych gazów). Przyczyną tego rodzaju korozji mogą być także wewnętrzne przemiany chemiczne zachodzące w tworzywie sztucznym.



Fot. 5. Widok zużytych elementów tapicerskich



Fot. 6. Widok zużytej deski rozdzielczej

Procesy starzeniowe tworzyw sztucznych powodują [7,17,18,20]:

- zmianę właściwości mechanicznych (zmniejszenie wytrzymałości na rozrywanie, zmniejszenie elastyczności itp.),
- kruszenie się i pęknięcie zmęczeniowe tworzywa – fot. 6 [1],
- zmianę barwy i utratę połysku (matowienie), często połączone z mikropęknięciami – fot. 7 [1],
- odkształcenie się tworzywa.

Procesowi starzenia tworzyw sztucznych nie można zapobiec, można go tylko opóźnić. Zauważalne zmiany w częściach wykonanych z tworzyw sztucznych powodują konieczność wymiany tych części na nowe.

Typowy przykład opóźniania starzenia pokazano fot. 8 [1], prosty proces konserwacji polega w tym przypadku na zabezpieczeniu wnętrza lampy odpowiednim środkiem, oraz dodatkowo ograniczenie dostępu tlenu poprzez oklejenie różnej szerokości i grubości taśmami (paskami z folii), a także zabezpieczeniu pozostałych elementów po obrysie i miejscu styku z podłożem po dokładnym oczyszczeniu m.in. w [13-15].



Fot. 7. Zmatowiałe szkło lampy przycze-
py



Fot. 8. Wariant zabezpieczenia lampy

Podobne procesy starzeniowe i korozyjne zachodzą w gumie [7,17,18,20]. Obserwuje się tu podobne zjawiska jak w przypadku tworzyw sztucznych: guma traci elastyczność, staje się krucha, poddana obciążeniu odkształca się trwale, lub tylko częściowo powraca do stanu pierwotnego.

Czynnikami stymulującymi korozję gumy są: podwyższona temperatura, działanie benzyny, olejów i smarów (z wyjątkiem specjalnych gum olejoodpornych), oddziaływanie kwasów i zasad, stałe oddziaływanie naprężeń mechanicznych [12, 19].

Głównymi czynnikami powodującymi starzenie się wyrobów gumowych są takie czynniki zewnętrzne, jak: tlen, ozon, promieniowanie ultrafioletowe (słoneczne), wysoka lub niska temperatura i wilgoć oraz naprężenia mechaniczne itp.

Są to czynniki będące naturalnymi wrogami gumy, których całkowicie nie zlikwiduje się, ale które można ograniczyć i zredukować przez staranny dobór warunków przechowywania sprzętu wojskowego (pojazdów, tśm, części zamiennych).

Na gumę niekorzystnie też oddziałują kwasy i zasady (rozpuszczalniki), benzyny, oleje i smary, do kontaktu z którymi człowiek dopuszcza, nieświadom ich negatywnego wpływu.

Przykład typowego zestarzenia gumy w połączeniu z korozją metalowego podszybia pokazano na fot. 9 [1], przedstawiono uszczelkę gumową mocującą i uszczelniającą przednią szybę w samochodzie ogólnego przeznaczenia średniej ładowności [3, 5] typu Star 200.

Natomiast na fot. 10 [1] przedstawiono widok przewodów zbrojonych w oplotce zasysających powietrze do filtra powietrza i silnika S-359, w tym przypadku przebieg starzenia objawia się

stopniową utratą sprężystości, matowieniem, kruszeniem i utratą szczelności.



Fot. 9. Uszczelka gumowa szyby



Fot. 10. Przewody filtra powietrza

Korozji tworzyw sztucznych i gumy zapobiega się już na etapie ich produkcji, dodając do mieszanek surowców odpowiednie dodatki przeciwstarzeniowe i stabilizujące.

Starzenie powłok lakierniczych przebiega podobnie jak starzenie tworzyw sztucznych. Czynnikiem zwiększającymi szybkość procesu starzenia są: wilgoć, niska temperatura, promieniowanie ultrafioletowe oraz pary cieczy agresywnych.

Czas starzenia tych powłok zależy od właściwości wyrobów i warunków ich eksploatacji [12,15,17,19]. Procesom starzenia nie można zapobiec. Można jedynie ograniczyć ich intensywność, nie dopuszczając do stworzenia sprzyjających warunków do ich rozwoju.

Przykład początku zużycia i starzenia powłoki lakierowej przedstawiono na nadwoziu samochodu ogólnego przeznaczenia małej ładowności [3,5] typu Lublin. Miejsce zużycia i starzenia powłoki spowodowane jest m.in. przez drzwi boczne przesuwne – fot. 11 [1].

Inny wybrany przykład starzenia się powłoki lakierowej pokazano na fot. 12 [1]. Jest to fragment powłoki zewnętrznej przycze-
py dwuosiovej zabudowanej agregatem prądowórczym dużej mocy typu PES 100 [5].

Powłoka jest położona na dwóch rodzajach podłoża: blaszanego, oraz w części dolnej drewnianego.



Fot. 11. Częściowa renowacja powłoki



Fot. 12. Renowacja powłok zewnętrznych

Praktycznie renowacje powłok lakierowych na sprężcie, niezależnie od rodzaju podłoża realizuje się poprzez nałożenie nowych, lub ich uzupełnienie tzw. zaprawki lakierniczej [6,8,19,21].

5. OCHRONA PRZED STARZENIEM I KOROZJĄ Z WYKORZYSTANIEM MATERIAŁÓW NIEMETALOWYCH

Jednym z rodzajów materiałów niemetalowych wykorzystywanych do zabezpieczenia antykorozyjnego metali, jak też i innych niemetalu np. z drewna, plastyku są różnego rodzaju i przeznaczenia materiały malarskie i lakiernicze [8] nakładane w formie powłok w tym:

- farby,
- lakiery.

Ze względu na sposób powstania warstwy lakierowej, rozróżnia się materiały malarskie:

- *Schnące na powietrzu wskutek odparowania części lotnych*, tj. rozpuszczalników i rozcieńczalników skład chemiczny powłok nie ulega zmianie - do tej grupy wyrobów malarskich należą pochodne nitrocelulozy, chlorokauczuku, chlorowanych żywic poliwinylowych itp.,

Typowy przykład nakładania powłoki przedstawiono na fot. 13 [1], na którym widać proces etapowy nakładania powłoki w etapach: oczyszczenie i przygotowanie do nałożenia poszczególnych warstw farby, zabezpieczenie powłoką podkładową (kolor czerwony), zmatowienie, oraz końcowy etap

nałożenie poprzez natrysk farby typu hadrofarb na samochód ciężarowo-terenowy wysokiej mobilności [3,5] typu Mercedes 290 GD.

Są to powłoki szybkoschnące nie wymagające dodatkowych warunków do ich nakładania i suszenia



Fot. 13. Powłoka lakiernicza schnąca na powietrzu



Fot. 14. Powłoka lakiernicza

- *Tworzące powłokę w wyniku przemian chemicznych w samej powłoce* - do tej grupy należą materiały schnące na powietrzu, oparte na olejach roślinnych schnących oraz na żywicach modyfikowanych tymi olejami. Takie rodzaje powłok nakładane są na SpW np. po naprawach głównych, średnich, konserwacyjnych. Z obserwacji i analiz autorów wynika, że stanowią one dość trwale zabezpieczenie i stosunkowo odporne na wpływ warunków atmosferycznych i upływu czasu, przykład powłoki tego rodzaju z kamuflażem na przeciwlotniczym raketowym wozie bojowym typu BAZ 5937 [5] przedstawiono na fot. 14 [1].

- *Tworzące powłokę wskutek reakcji chemicznych w podwyższonych temperaturach* (lakiery piecowe schnące w temperaturach 80...120°C) - do tej grupy materiałów malarskich należą materiały sporządzane na bazie żywic termoutwardzalnych, lakiery i emalie fenolowo - formaldehydowe, metaminowo - formaldehydowe, alkidalowe i epoksydowe.

Ze względu na rodzaj substancji błonotwórczej, a właściwie jej składnika podstawowego, gdyż powłokę z reguły tworzy kilka substancji, materiały malarskie określa się jako [8]: *olejne, olejno - żywiczne, celulozowe, spirytusowe, asfaltowe,*

bitumiczne, poliwinylowe, epoksydowe, chlorokauczukowe, poliestrowe, poliuretanowe, silikonowe itd.

Powłoki lakierowe mogą pełnić także funkcje uszczelniające i tłumiące drgania.

Dla tych celów stosuje się różnorodne materiały tłumiące i wygłuszające w postaci płyt wielomateriałowych, mat, pianek z tworzyw sztucznych itp. oraz specjalnych wyrobów lakierniczych tłumiących dźwięk, zwanych ogólnie mastykami.

Są to na ogół wyroby bitumiczne lub plastizolowane, nakładane na dolne blachy nadwozia i elementy podwozia. Oprócz funkcji głuszących spełniają one też funkcje antykorozyjne i antyerozyjne.

Powłokowe środki konserwacyjne [1, 4, 6, 9, 10], zaliczane do środków ochrony czasowej, stosuje się w technice wojskowej do konserwacji magazynowanych tśm i części zamiennych lub do konserwacji elementów konstrukcyjnych SpW w przypadku określonego przechowywania w obowiązujących okresach [3, 4].

Środki te dzieli się w zależności od składu, konsystencji i zastosowania na [4, 12, 17]:

- oleje konserwacyjne i konserwacyjno – silnikowe,
- smary ochronne półpłynne (maziste),
- smary ochronne stałe,
- smary ochronne stosowane z rozpuszczalnikiem,
- preparaty lanolinowe i woskowe,
- lakiery ochronne i zdzieralne,
- masy zdzieralne z tworzyw sztucznych (o czym wspomniano wcześniej),
- preparaty na bazie asfaltów,
- cienkopowłokowe środki ochronne typu fluidol.

W celu właściwego zabezpieczenia powierzchni metalu przed korozją, powłokowe środki konserwujące powinny posiadać następujące cechy [4, 12, 13, 14, 20]:

- dobra adhezja do metalu, tzn. zdolność łatwego przylegania do powierzchni metalu - adhezja powierzchniowa i utrzymania się na nim w grubej warstwie - adhezja objętościowa,
- pasywność, tzn. chemiczne nie oddziaływanie na chronioną powierzchnię,
- stabilność chemiczna- środki konserwacyjne nie powinny zawierać substancji, które mogą doprowadzić do rozwinięcia się w nich procesów chemicznych, a szczególnie składników utleniających się do kwasów, możliwość zachodzenia w środkach konserwacyjnych reakcji chemicznych może doprowadzić do powstania w nich substancji agresywnych, wywołujących korozję metalu,
- nierozpuszczalność i niezmywalność przez wodę,
- hydrofobowość, tzn. zdolność *odpychania* wody,
- nieprzepuszczalność SO₂, CO₂, NO₂, NH₃, NaCl, pyłów itp.,
- odporność na wysokie i niskie temperatury w zakresie od - 40 do + 50...70°C,
- w temperaturach podwyższonych nie powinny płynąć, wysychać, ani rozkładać się, w temperaturach niskich nie powinny pękać,
- łatwość nakładania, łatwość usuwania przy rozkonserwowaniu, brak własności toksycznych, cuchnących i uczuleniowych,
- nie podleganie biokorozji, tzn. odporność na bakterie i pleśń.

Tak szeroki zakres wymagań w stosunku do powłokowych środków konserwacyjnych jest trudny do spełnienia przez jeden preparat.

Dlatego też w zależności od potrzeb, warunków otoczenia czy czasu konserwacji wybiera się środek dający największą gwarancję skutecznej ochrony m.in. w [2, 9, 11, 15, 16, 19].

6. PRZECHOWYWANIE TAŚM I CZĘŚCI ZAMIENNYCH NIEMETALOWYCH W MAGAZYNACH

Właściwie przeprowadzona konserwacja technicznych środków materiałowych (tśm) decydująco wpływa na żywotność i wartość techniczno-eksploatacyjną przechowywanych asortymentów, a przede wszystkim zapobiega przedwczesnemu ich zniszczeniu.

Wybór prawidłowej metody konserwacji przynosi określone efekty organizacyjno - techniczne, ekonomiczne, zwłaszcza gdy techniczne środki materiałowe są przechowywane przez dłuższy czas - fot. 15 [1].

Obecnie obowiązujące wojskowe przepisy w tym: m.in. dokumenty branżowe służb technicznych [4,5], służby czołgowo-samochodowej [3] normują m.in. metody konserwacji i przechowywania również tśm.

Przy czym trzeba podkreślić fakt, że metody te występują bez mała od kilkudziesięciu lat – taki przykład konserwacji pokazano na fot. 16 [1] i cały czas podlegają rozwojowi np. pod względem rodzaju i parametrów ilościowo-jakościowych środków wykorzystywanych do konserwacji [3,4,12].

Jak wskazuje praktyka autorów wspomniane metody spełniają swoją rolę z zachowaniem pewnych warunków m.in.: odpowiedniego przygotowania tśm do konserwacji, wykonania określonych zabiegów konserwacyjnych i spełnienia warunków pakowania, oraz zachowania stabilnych warunków przechowywania m.in. w [7 ,8, 10, 11, 13-16].



Fot. 15. Konserwacja uszczelki podgłowicowej



Fot. 16. Konserwacja talkiem pierścieni gumowych

7. MATERIAŁY I ŚRODKI STOSOWANE W PROCESIE PRZECHOWYWANIA I KONSERWACJI

Materiały i środki różnych rodzajów i przeznaczenia są dostępne na rynku i oferowane przez producentów w różnych postaciach, pod różnymi nazwami i w różnych opakowaniach, mają one szerokie zastosowanie również w wojskowej technice motoryzacyjnej, także w wojskowej gospodarce magazynowej.

Poniżej przedstawiono charakterystyki techniczne przykładowych grup materiałów i środków w zależności od przeznaczenia, oraz w formie zestawienia w tabeli 1 [3, 4, 9, 10, 12, 17]:

- materiały i środki do mycia (mycie karoserii, szyb, zmywanie asfaltów i smoły).
- materiały i środki do odrdzewiania:
 - odrdzewianie chemiczne (kwas fosforowy, woda, bezwodnik kwasu chromowego),
 - odrdzewianie mechaniczne (papiery, płótna, pasty),
 - tzw. kosmetyki samochodowe np. zapachy, pianki, plaki, szampony itp.,
- woda destylowana, demineralizowana itp.
- materiały i środki konserwacyjno-ochronne:
 - koncentrat W 68 (8÷10% dodatku do nafty),
 - koncentrat typu WD w aerozolu,
 - do konserwacji smarowej (inhibitor P 3÷4% do konserwacji silnika, smar
 - działowy, smar antykorozyjny),
 - do ochrony powierzchni (trójskładnikowy inhibitor korozji, lakier bitumiczny,
 - farby, papier antykorozyjny).

Stosowane w konserwacji materiały zostały tak dobrane, aby zapewnić pełną skuteczność ochronną i odpowiadać przyjętej metodzie konserwacji.

Głównym kryterium wyboru materiału i środka do realizacji procesu jest rodzaj czynnika, którego wpływ ma być w głównej mierze eliminowany (lub ograniczany), jak i rodzaj tśm do którego ma być on zastosowany [2,7,8,14,18,20].

Wybór jest w tym aspekcie podyktowany m.in. posiadanymi środkami finansowymi, posiadaną kubaturą magazynową, warunkami przechowywania, wyposażeniem magazynów posiadanych przez dany Wojskowy Oddział Gospodarczy (WOG).

Dla wyrobów metalowych stosuje się środki chroniące je czasowo przed korozją i jej wpływem na właściwości przedmiotu, głównie poprzez ograniczenie wpływu środowiska zewnętrznego, warunków atmosferycznych m.in. w [9, 12, 20].

W przypadku drewna, materiałów włóknistych, wyrobów skórzanych, oraz wyrobów z tworzyw sztucznych, głównym zadaniem konserwacji jest ich ochrona przed gniciem, pleśnieniem, zagrzybieniem, przesuszeniem.

Dla wyrobów gumowych użyte środki konserwujące powinny zapewnić ochronę przed rozwulkanizowaniem, zlepianiem, kruszeniem, przykład tego rodzaju konserwacji pokazano na fot. 17 [1].



Fot. 17. Konserwacja i ochrona przewodów



Fot. 18. Konserwacja wkładów filtra

Przy wykonywaniu prac konserwacyjnych konieczne jest stosowanie środków ochrony osobistej, ścisłe przestrzeganie zasad bhp, ppoż. oraz ochrony środowiska.

Stosowane w procesie konserwacji materiały i środki można podzielić na następujące grupy [12-14, 16, 18]:

- do czyszczenia i mycia,
- do odrdzewiania (chemicznego i mechanicznego),
- do bezpośredniego zabezpieczenia antykorozyjnego, np. papier LIK 7, papier parafinowany, papier woskowany, folia polietylenowa – fot. 18 [1], koncentraty typu Fluidol,
- do pakowania, np. papier pakowy, tektura,
- materiały pomocnicze np. czyściwo, talk, taśmy papierowe, klejące itp.

Jak wspomniano wcześniej, w tabeli 1 [1] przedstawiono niektóre środki konserwacyjno ochronne wykorzystywane m.in. do konserwacji tśm, części zamiennych i innego SpW podczas przechowywania.

Środki tego typu smarowe, bezsmarowe mają powszechne zastosowanie w technice motoryzacyjnej, także wojskowej.

Tabela. 1. Charakterystyka środków konserwacyjnych

Lp.	Typ środka konserwacyjnego	Norma lub WT	Charakterystyka i zastosowanie	Uwagi
ŚRODKI BEZSMAROWE				
1.	Olej ochronny Antykor N	PN-79/C-96081	Stosowany do wyrobów precyzyjnych jak: przyrządy pomiarowe, elementy maszyn precyzyjnych i do transportu w niskich temperaturach (-45°C). Przeciwdziała zakleszczaniu i sklejanemu wyrobów precyzyjnych.	
2.	Koncentrat W-68	WIPTIS WT-15/71/A	Konserwacja międzyoperacyjna krótkookresowa i finalna jak również środek myjący i odwadniający. Stosowany w roztworze nafty Antykor lub oleju maszynowego 10-Z do wykonania zabiegów konserwacyjnych wyrobów metalowych z żeliwa i stali przechowywanych w magazynach.	Stosuje się jako 3, 5, 10% roztwór w nafcie Antykor
3.	Fluidol MLP (lakier bitumiczny)	ZN-80-CZSP /D-14/470	Zawiera wosk, lanolinę oraz dodatki podnoszące właściwości użytkowe. Stosowane do profili zamkniętych nadwozi samochodowych.	
4.	Elektrosol S-PM	WIPTIS TWT 36/85	Długookresowa konserwacja styków w układach elektrycznych. Przeznaczony do wykonywania zabiegów konserwacyjnych połączeń elektrycznych (złącza, gniazda, cokoły żarówek, kłemy akumulatorów, zaciski itp.)	
5.	Elektrosol R-2 zamienniki: Koncentrat 2000 Dold, Kontakt 40	D-7557 Issezhein/ Germany	Elektrosol R-2 przeznaczony jest do wykonywania zabiegów konserwacyjnych zespołów elektronicznych. Nanoszenie natryskowe przy wykorzystaniu opakowań aerozolowych. Kontakt 2000 DOLD przeznaczony jest do konserwacji styków i kontaktów złotych, natomiast Kontakt 40 do konserwacji styków srebrnych, posrebrzanych i z innych materiałów.	
6.	Wosk ochronny WU-III B	ZN-87/projekt WITPIS WT-33-01	Zawiera woski, dodatki stabilizujące, dyspergujące, modyfikatory i rozpuszczalnik węglowodorowe. Chroni metale czarne i kolorowe. Obojętny wobec gumy.	
7.	Multakor WD	WIPTIS TWT-38-86	Uniwersalny wielofunkcyjny środek do konserwacji wyrobów żelaznych, stalowych oraz wykonanych z metali lekkich i kolorowych, a także stopów. Może być stosowany w magazynach jak i do ochrony elementów SpW, zwłaszcza znajdujących się w ich wnętrzu (np. wnętrza lufy w czołgach) w różnych kombinacjach opakowaniowych. Posiada własności usuwania zanieczyszczeń potowych.	
8.	Inchibol	WT producenta	Środek konserwacyjno-smarujący przeznaczony do zabezpieczenia i utrzymania w sprawności technicznej precyzyjnych mechanizmów takich jak mechanizmy zegarowe, kłódki, zawiasy, zamki itp. Nie nadaje się do ochrony powierzchni narażonych na bezpośrednie oddziaływanie czynników atmosferycznych.	
9.	Inhibitor WCHA	WT producenta	Tabletki zawierają zestaw inhibitorów.	
ŚRODKI SMAROWE				
10.	Smar GOI-54 P Zamiennik Aereshell 14	GOST/3276-89 DEF 2261	Konserwacja metodą smarową na zimno i gorąco.	
11.	Smar Ciatim 201 Zamiennik: Nyco Grease 51	GOST/6267-74 NIL-G-81322D	Konserwacja i smarowanie łożysk tocznych, kół zębatych na zimno.	
12.	Wazelina techniczna	PN-57/C-96120	Petrolatum lub cerezyna i olej rafinowany. Konserwacja metodą smarową na zimno i gorąco przez zanurzanie lub smarowanie /na gorąco w temp. 90-110°C/.	
13.	Smar maszynowy SM-2	PN-57/C-96130	Konserwacja metodą smarową na zimno poprzez smarowanie, rozcieranie.	
14.	Smar stały ŁTG	PN-63/C-96147	Konserwacja i smarowanie łożysk tocznych, przegubów itp. na zimno lub gorąco poprzez wciskanie, rozcieranie, zanurzanie.	
15.	Smar grafitowy	PN-59/C-96153	Konserwacja lin stalowych wciągarek, resorów samochodowych itp.	
ŚRODKI I MATERIAŁY POMOCNICZE				
16.	Spirytus		Mycie, usuwanie osadu, kurzu i innych zanieczyszczeń ze styków elektrycznych przez szczotkowanie lub przecieranie przy użyciu pędzla, szczotki lub szmat.	
17.	Papier antykorozyjny odmiany 4	PN-76/P-50450	Papier uszlachetniony nie mający oddziaływania korozyjnego. Gramatura: odmiana gładka 60 g/m ² . Do owijania bezpośredniego wyrobów metalowych, do wykładania skrzyń.	
18.	Papier antykorozyjny z lotnym inhibitorem korozji Lik (odmiany 7)	PN-76/P-50450	Papier nasączony lotnym inhibitorem korozji Lik azotyn sodu i urotropina w stosunku 1:1. Gramatura 52 g/m ² . Do zabezpieczania wyrobów ze stali i żeliwa.	
19.	Folia polietylenowa stabilizowana sadzą		Na pokrowce paro wodoszczelne i osłonowe	
20.	Éter		Do oczyszczania i odtłuszczenia powierzchni delikatnych	
21.	Talk techniczny		Konserwacja wyrobów gumowych przez nacieranie przy użyciu szmaty, pędzla i szczotki.	
22.	Nafta antykor	PN-55/C-96043	Nafta rafinowana alkalicznie. Środek służący do mycia, usuwania smaru ochronnego i sporządzania kąpieli typu "W", poprzez zanurzanie, szczotkowanie na zimno.	
23.	Silikażel (żel krzemionkowy wąsko porowaty zastępczo żel krzemionkowy konfekcyjny)	BN-64/601301 KSM GOST/295647	Środek osuszający, stosuje się w postaci patronów osuszających wkładanych do wnętrza pokrowców lub opakowań hermetycznych. Służy do osuszania statycznego poprzez wchłanianie wilgoci. Żel pakuje się do woreczków w ilości 50, 100, 200, 400 lub 500 gram.	
24.	Czyściwo bawełniane		Mycie, czyszczenie, wycieranie wyrobów.	
25.	Taśma izolacyjna		Uszczelnianie opakowań, mocowanie podkładek, oklejanie.	
26.	Rozpuszczalnik EKO		Mycie i odtłuszczenie powierzchni przez zanurzanie i szczotkowanie na zimno.	

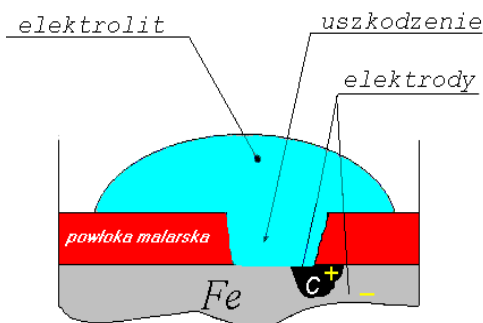
8. NIEMETALICZNE POWŁOKI OCHRONNE

Zadaniem powłok niemetalicznych [8, 9, 21] jest izolowanie powierzchni metali od dostępu tlenu i wilgoci. Konstrukcje stalowe (np. mosty) maluje się farbami olejnymi i lakierami, a niekiedy nakłada minię, smołę lub asfalt.

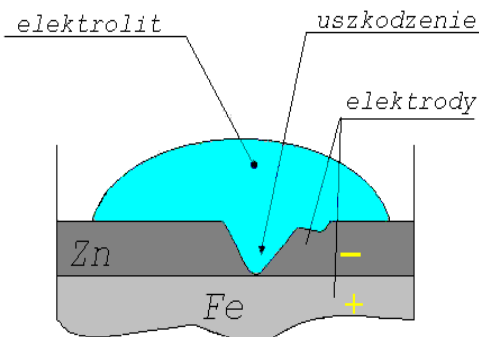
Naczynia z blachy stalowej i żeliwa pokrywa się emaliami. Narzędzia i trące o siebie części maszyn można chronić jedynie przez nałożenie warstwy smaru.

Skuteczną, lecz drogą metodą jest pokrywanie wyrobów metalowych w tym broni ręcznej cienką warstwą tlenku – oksydowanie. Niektóre metale, wśród nich glin, samorzutnie pokrywają się na powietrzu zwartą warstwą tlenku, który chroni metal przed dalszą korozją.

Schemat powłoki niemetalicznej przedstawiono na rys. 1 [9].



Rys. 1. Niemetalowa powłoka ochronna



Rys. 2. Powłoka z metalu o niższym od żelaza potencjale

8.1. Dodawanie inhibitorów

Inhibitorami korozji często zwanymi zwalnicznymi albo ujemnymi katalizatorami nazywa się różnorodne substancje chemiczne, które wprowadzone nawet w niewielkich ilościach w agresywne środowisko korozyjne, zmniejszają intensywność albo w niektórych wypadkach hamują całkowicie procesy korozji metali lub innych materiałów [1,6-9, 12, 18, 20, 21].

Również w przechowywaniu SpW inhibitory bardzo szeroko są stosowane do ochrony antykorozyjnej. Wykorzystuje się je jako dodatki do smarów, olejów, płynów chłodzących, hamulcowych i innych, do materiałów lakierniczych itp., a także stosuje się je jako samodzielny system ochrony przed korozją podczas transportu i przechowywania części zamiennych.

Klasyfikacja inhibitorów zależy od licznych czynników. Pod względem budowy chemicznej rozróżnia się inhibitory: *organiczne* i *nieorganiczne*. W zależności od sposobu działania

dzieli się je na: *anodowe*, *katodowe* i o *działaniu mieszanym* (*katodowo – anodowe*). Ze względu na warunki, w jakich są stosowane, rozróżnia się inhibitory: *kontaktowe* i *lotne*.

Inhibitory kontaktowe działają bezpośrednio stykając się z chronioną powierzchnią metalu (np. inhibitory w smarach, roztworach itp.). Działanie inhibitorów lotnych jest niejako pośrednie – poprzez pary inhibitora, który nie musi stykać się z metalem.

Działanie ochronne inhibitorów polega na:

- *Zapobieganiu tworzeniu* się agresywnych substancji w układzie, w którym znajduje się inhibitor, np. inhibitory dodawane do płynów niezamarzających, nie dopuszczające do utleniania się składników tego płynu,
- *Przeciwdziałaniu zmianom* stanu powierzchni metalu wskutek tworzenia się na niej ochronnej warstwy, bądź w wyniku adsorpcji inhibitora na powierzchni metalu, bądź w wyniku powierzchniowej reakcji chemicznej pomiędzy metalem a inhibitorem. Adsorpcja inhibitora na powierzchni metalu jest nieodzownym warunkiem jego działania.

Dodanie niewielkich ilości substancji silnie adsorbujących się na powierzchni metalu i blokujących dostęp jonów wodorowych opóźnia znacznie procesy korozyjne.

Działanie inhibitorów tłumaczy się tworzeniem trudno rozpuszczalnych warstwek zaporowych w miejscach katodowych lub anodowych.

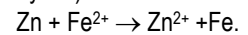
8.2. Metaliczne powłoki ochronne z metali o niższym od żelaza potencjale standardowym (anodowe, np. Zn, Al, Cd)

Przez zanurzenie w ciekłym metalu, natryskiwanie lub osadzanie elektrolityczne uzyskuje się powierzchnię ochronną, izolującą metal od wpływu wilgoci i powietrza [8, 9, 18, 20, 21].

Powłoki wykonane z metali stojących w szeregu elektrochemicznym przed żelazem (cynk, chrom) spełniają również rolę anody w ogniwie i nawet jeśli powłoka ulegnie uszkodzeniu mechanicznemu, do roztworu nie będzie przechodziło żelazo, lecz metal tworzący powłokę.

Korozja cynku przebiega bardzo powoli dzięki tworzeniu się powierzchniowej warstwy trudno rozpuszczalnych związków.

Z tego względu stosuje się blachy ocynkowane do pokrywania dachów, wyrobu rynien, wiader itp. Proces ochronny przebiega według wzoru (dla powłoki z cynku):

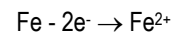


Schemat takiej powłoki przedstawia rys. 2 [9].

8.3. Metaliczne powłoki ochronne z metali o wyższym od żelaza potencjale standardowym (katodowe, np. Cu, Ni, Sn)

Działanie powłoki wykonanej z miedzi, cyny lub niklu jest czysto mechaniczne i powłoka spełnia swoje zadanie tylko wtedy, gdy jest zupełnie szczelna [9, 18, 20, 21]. Z chwilą jej uszkodzenia proces korozji staje się intensywniejszy niż bez powłoki.

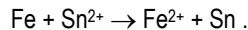
Wtedy powłoka stanowi katodę, a żelazo ulega anodowemu rozpuszczeniu:



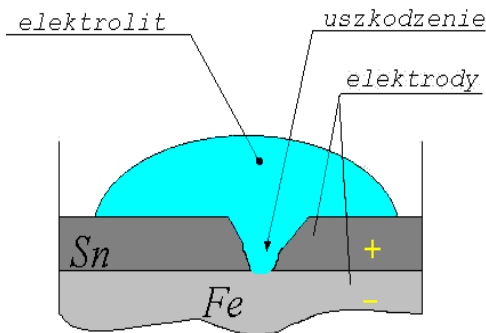
podobnie jak w mikroogniwach na powierzchni stali.

Dlatego też puszki po konserwach, wykonane z blachy ocynkowanej, rdzewieją bardzo szybko. W przypadku

uszkodzenia takiej powłoki zachodzi reakcja (dla powłoki z cyny):



Schemat takiej powłoki przedstawia rys. 3 [9], natomiast wygląd uszkodzeń i śladów korozyjnych powłoki stanowiącej zabezpieczenie blachy ocynkowanej z której wykonano obicie drzwi przyczepy specjalnej pokazano na rys. 4 [1].



Rys. 3. Schemat metalicznej powłoki ochronnej



Rys. 4. Uszkodzenia metalicznej powłoki

9. PODSUMOWANIE

Artykuł przedstawia zarys problematyki starzenia i korozji materiałów niemetalowych występującej w sprzęcie wojskowym i technicznych środkach materiałowych, zarówno podczas eksploatacji, jak również przechowywania.

Autorzy w ujęciu praktycznym, z punktu widzenia użytkownika, uwzględniając własne doświadczenie zawodowe przedstawili w artykule i scharakteryzowali występowanie podstawowych rodzajów materiałów niemetalowych w konstrukcji sprzętu wojskowego.

Odniesi się do podstawowych aspektów starzenia i korozji materiałów niemetalowych, ich przyczyn w zależności od materiału, czasu i wpływu eksploatacji i przechowywania, stosowanych praktycznie sposobów ochrony i konserwacji, oraz innych czynników.

Przedstawili również rodzaje powłok niemetalowych, wymogi jakościowe zabezpieczeń, metody i sposoby konserwacji z wykorzystaniem środków zabezpieczających.

Uzupełnieniem artykułu są rysunki, tabele, oraz zdjęcia bezpośrednio związane z zagadnieniem starzenia i korozji materiałów niemetalowych w technice wojskowej.

LITERATURA

1. *Archiwum i zdjęcia autorów.*
2. Ciekot Z., *System ochrony czasowej sprzętu wojskowego w świetle wymagań Sił Zbrojnych RP.* Monografia Ochrona Sprzętu Wojskowego Przed Korozją, WITPiS, Warszawa/Sulejówek, 2015.
3. *Instrukcja o gospodarowaniu sprzętem służby czołgowo-samochodowej.* DD/4.22.2.
4. *Instrukcja o zasadach i organizacji przechowywania oraz konserwacji uzbrojenia i sprzętu wojskowego.* DD/4.22.8.
5. *Katalog norm eksploatacji Techniki Lądowej.* DU-4.22.13.1.
6. *Korozja samochodów i jej zapobieganie.* Poradnik. WNT, Warszawa 1975.
7. Kukielka L., Ciekot Z., Woźniak D., *Skuteczność zastosowanych metod ochrony sprzętu technicznego przed korozją.* IX Forum Motoryzacji. Motoryzacja XXI wieku a ochrona środowiska. Słupsk 2016. Monografia Miesięcznik Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe nr 8/2016. Wydawnictwo INW SPATIUM, Radom 2016.
8. *Powłoki malarsko – lakiernicze.* Poradnik. WNT, Warszawa 1983.
9. *Przechowywanie uzbrojenia i sprzętu wojskowego – podręcznik.* Praca zbiorowa, CSWLąd wew. 39/2008. Poznań 2008.
10. Woźniak D., Kubicki J., Ciekot Z., *Konserwacja i przechowywanie technicznych środków materiałowych – wariant rozwiązania organizacyjno-technicznego.* Monografia: Rozwój, eksploatacja, przechowywanie i ochrona balistyczna środków transportu. WITPiS. Sulejówek 2016.
11. Woźniak D., Kubicki J., Ciekot Z., *Techniczne aplikacje endoskopii w kontroli stanu konserwacji i przechowywania technicznych środków materiałowych.* Monografia: Rozwój, eksploatacja, przechowywanie i ochrona balistyczna środków transportu. WITPiS. Sulejówek 2016.
12. Woźniak D., *Materiały eksploatacyjne do pojazdów mechanicznych.* PSZ nr 1/2015, WIW, Warszawa, 2015.
13. Woźniak D., Kubicki J., *Metody przechowywania i konserwacji sprzętu wojskowego – wybrane aspekty.* Monografia Ochrona Sprzętu Wojskowego Przed Korozją, WITPiS, Warszawa/Sulejówek, 2015.
14. Woźniak D., Kubicki J., *Metody konserwacji i przechowywania technicznych środków materiałowych – wybrane aspekty.* Monografia Ochrona Sprzętu Wojskowego Przed Korozją, WITPiS, Warszawa/Sulejówek, 2015.
15. Woźniak D., Ciekot Z., *Procesy korozyjne i starzeniowe zachodzące w czasie eksploatacji i przechowywania pojazdów.* Monografia: Tendencje rozwojowe środków transportowych w Siłach Zbrojnych RP, Wojskowy Instytut Techniki Panczernej i Samochodowej, Warszawa/Sulejówek, 2015.
16. Woźniak D., Kukielka L., Woźniak J., *Urządzenia techniczne w przechowywaniu sprzętu wojskowego.* XVIII Forum Motoryzacji. Słupsk 2015. Miesięcznik Autobusy, Technika, Eksploatacja, Systemy transportowe nr 6/2015. Wydawnictwo INW SPATIUM, Radom 2015. Płyta CD.
17. Woźniak D., *Korozja i jej zapobieganie.* Przegląd Sił Zbrojnych nr 6/2014, WIW, Warszawa, 2014.

18. Woźniak D., *Motoryzacyjne aspekty korozji*. Rzeczoznawca Samochodowy nr 04/2007 (138). Wydawnictwo SRTSiRD, Warszawa, 2007.
19. Woźniak D., *Obsługiwanie i remonty UisW. Założenia, zakres, organizacja*. Dodatek do PWL nr 6/2011 (031), Wydawnictwo WIW, Warszawa, 2011. Skrypt, Płyta CD.
20. Woźniak D., *Starzenie się i korozja elementów niemetalowych*. PSZ nr 2/2018, WIW, Warszawa, 2018.
21. Wranglen G., *Podstawy korozji i ochrony metali*. WNT, Warszawa 1975.

Ageing and corrosion of non-metal elements occurring during the exploitation and storage of army equipment

This article presents the chosen aspects related to the ageing and corrosion of non-metal elements being a part of the construction of army equipment, as well as the spare parts and technical material means stored in the armed forces warehouse resources. The basic practical aspects and potential preventative measures handled by the user have been presented. The article is supplemented by photographs and figures related to the topic.

Key words: *non-metal elements in cars, technical material means, corrosion, ageing, maintenance.*

Autorzy:

mgr inż. **Dariusz Woźniak** – Stowarzyszenie Rzeczoznawców Techniki Samochodowej i Ruchu Drogowego w Warszawie

mgr inż. **Jacek Kubicki** – Rejonowe Warsztaty Techniczne w Bydgoszczy.

mgr inż. **Marcin Kułakowski** – Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska

mgr inż. **Łukasz Iwaniec** – Wydział Mechaniczny, Politechnika Koszalińska