

WYBRANE BADANIA DIAGNOSTYCZNE UZBROJENIA I SPRZĘTU WOJSKOWEGO ZA POMOCĄ PRZYRZĄDÓW ENDOSKOPOWYCH

Łukasz KOBUS*, **Mirosław CHMIELIŃSKI****

* *Olympus Polska Sp. z o.o.*

e-mail: lukasz.kobus@olympus-europa.com

** *Instytut Uzbrojenia Okrętowego i Informatyki, Akademia Marynarki Wojennej*

e-mail: m.chmielinski@amw.gdynia.pl

Artykuł wpłynął do redakcji 21.11.2012 r. Zweryfikowaną i poprawioną wersję po recenzjach i korekcie otrzymano w maju 2013 r.

W artykule przedstawiono wybrane badania stanu technicznego uzbrojenia i sprzętu wojskowego (UiSW), ułatwiające diagnostyczno-niezawodnościową ocenę ich stanu. Przedstawiono wybrane metody diagnostyki nieniszczącej UiSW za pomocą wyspecjalizowanych przyrządów endoskopowych. Badania endoskopowe należą do grupy badań nieniszczących pozwalających na szybkie, dokładne i jednoznaczne określenie stanu technicznego wewnętrznych przestrzeni oraz elementów badanych urządzeń. Autorzy artykułu przedstawili możliwości wykorzystania badań endoskopowych do określania i prognozowania stanu technicznego m.in. luf w procesie podejmowania decyzji eksploatacyjnych. Metody nieinwazyjne pozwalają na szybkie i dokładne ustalenie przydatności sprzętu do dalszej eksploatacji podczas wykonywania jego obsługi. Badania nieniszczące UiSW można wykonać w celu określenia aktualnego stanu technicznego lub wykrycia przyczyn awarii czy uszkodzenia sprzętu, w celu wyeliminowania przyczyn niesprawności, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji UiSW.

Słowa kluczowe: *badania endoskopowe, uzbrojenie i sprzęt wojskowy, stan techniczny, diagnostyka techniczna*

WSTĘP

Artykuł jest próbą zaprezentowania poglądów w zakresie wybranych zagadnień związanych z procesem diagnostyki technicznej Uzbrojenia i Sprzętu Wojskowego (UiSW). Prawidłowa ocena stanu technicznego UiSW wymaga doświadczenia i wiąże się z dużą odpowiedzialnością, lecz prawidłowo wykonana może uchronić sprzęt przed ostateczną utratą właściwości, zminimalizować koszty, a w szczególności zapobiec nierzadko śmiertelnym wypadkom.

Podstawowymi zaletami nieniszczących metod diagnostycznych jest oszczędność czasu i środków finansowych. Do dokonywania pomiarów i zbadania aktualnego stanu technicznego nie trzeba usuwać i ponownie nakładać powłok ochronnych. Przy

defektoskopii UiSW można wykorzystywać urządzenia i środki do badań nieniszczących metodami: ultradźwiękową, radiologiczną, endoskopii, elektromagnetyczną, prądów wirowych, penetracyjną. Poszczególne metody zostaną przedstawione w dalszej części artykułu.

Współczesne UiSW posiada na swoim wyposażeniu coraz doskonalsze uzbrojenie, a w tym armaty. Pomimo tego w praktyce eksploatacyjnej znane są przypadki poważnych ich uszkodzeń, których pierwotne przyczyny nie zostały wykryte w odpowiednim czasie. Trudności rozpoznawania uszkodzeń UiSW na podstawie zmian wartości poszczególnych parametrów charakteryzujących stan techniczny, związane są z niewłaściwą interpretacją symptomów powstałego defektu. Często są one identyfikowane jako symptomy naturalnego procesu starzenia lub zużycia elementów UiSW zdeterminowane czasem jego eksploatacji. Zewnętrzne objawy w takich przypadkach są zazwyczaj zbieżne i trudne do jednoznacznego określenia.

W takich sytuacjach jedyną możliwość uzyskania arbitralnej diagnozy o stanie technicznym UiSW tj., np. luf armat morskich, zapewnia wziernikowanie jego przestrzeni wewnętrznych z wykorzystaniem np. endoskopów [2]. W sposób bezinwazyjny, bardzo szybki, a co najważniejsze jednoznaczny, rozwiane zostają wątpliwości nurtujące eksploatatora UiSW. Nieeksploatowane UiSW znajdujące się w magazynach i składach, a przechowywane przez lata, w każdej chwili musi być w stanie pełnej sprawności bojowej. Aby UiSW mogło wypełnić stojące przed nim zadanie, wszystkie części, urządzenia, mechanizmy i układy powinny być prawidłowo zakonserwowane, tj. nasmarowane lub pomalowane. Troskliwy stosunek do UiSW jest dowodem wysokiej kultury technicznej i dyscypliny eksploatacyjnej w SZ RP.

1. PROCES EKSPLOATACJI UiSW

Troska o UiSW, a w zasadzie działania antykorozyjne, polegają na codziennej pielęgnacji i czyszczeniu, przeglądach i naprawach profilaktycznych oraz przygotowaniu do bojowego użycia. Przegląd ten i zespół czynności składających się na jego realizację nazywany jest na okręcie codziennym obracaniem mechanizmów [2]. Do prac tych wykorzystywane są tylko odpowiednie narzędzia i przyrządy, właściwe smary i farby oraz inne materiały konserwacyjne. UiSW powinno być zawsze czyste, nie może być na nim pyłu, wilgoci, osadu prochu i rdzy. Szczelne „okrycie” armaty szczególnie w warunkach poligonowych, a zwłaszcza morskich, ogranicza w znacznym stopniu korodowanie powierzchni pod wpływem agresywnie działającego środowiska, jakim jest woda i atmosfera morska. Utrzymanie UiSW w sprawności technicznej i w stanie, który gwarantuje długotrwałą eksploatację bez obawy korozji, jest zawsze stałą troską całego personelu technicznego.

Jednak w procesie długotrwałej eksploatacji UiSW następuje naturalne zniszczenie powłok ochronnych i zanieczyszczenie smarów znajdujących się w mechanizmach, co może powodować powstanie warunków sprzyjających inicjacji wzmożonych procesów korozyjnych. Codzienne czyszczenie staje się wtedy niewystarczające i należy zastosować tzw. przegląd i naprawę profilaktyczną, w czasie których dokonuje się prawie pełnego demontażu poszczególnych zespołów armaty. Przeprowadza się czyszczenie i mycie mechanizmów, wymianę smarów i płynów, ich filtrowanie, wymianę zużytych części, a także usuwanie drobnych niesprawności. Codzienne zabiegi pielęgnacyjne wykonuje się zwykle na okręcie, zaś przegląd profilaktyczny automatów arty-

leryjskich odbywa się w warsztatach Baz Morskich lub wydziałach uzbrojenia zakładów produkcyjnych [3].

Przeglądy profilaktyczne UiSW znajdującego się na wyposażeniu SZ RP przeprowadza się raz do roku. Do niedawna przeglądy te robiono dwa razy w roku, gdyż wymieniano wtedy smary – wiosną na letni, a jesienią na zimowy. Wprowadzenie smarów zimowo-letnich wyeliminowało konieczność przeprowadzania dwóch przeglądów w ciągu roku. Obecnie przeglądy profilaktyczne przeprowadza się niezależnie od pory roku, bardziej równomiernie, spokojniej, a co za tym idzie, dokładniej. Dynamiczny rozwój metod diagnostycznych wykorzystujących osiągnięcia wielu dziedzin nauki, doprowadził do wielu oryginalnych osiągnięć w dziedzinie diagnostyki technicznej. Obecnie występuje cały wachlarz zupełnie nowych możliwości w diagnozowaniu urządzeń technicznych, w tym również w UiSW.

W związku z powyższym niniejszy referat ma na celu zasygnalizowanie możliwości wykorzystania badań endoskopowych w ocenie stanu technicznego luf armat okrętowych. Rozróżnia się cztery zasadnicze procesy, które określają charakter i wielkość zużycia się nie tylko korozyjnego luf działowych [3]:

- działanie termiczne gazów prochowych na powierzchnie materiału, z którego wylano lufę w czasie wystrzału;
- oddziaływanie chemiczne nagranych do wysokiej temperatury gazów prochowych z metaliczną powierzchnią lufy;
- mechaniczne niszczenie powierzchni ścianek przewodu lufy przez poruszający się tam pocisk i zmniejszanie ciśnienia gazów;
- erozyjne działanie szybko poruszających się w stosunku do przewodu lufy nagranych gazów prochowych.

W zależności od konstrukcji i balistycznych charakterystyk lufy, wielkości ładunku, gatunku prochu i środków inicjujących, a także od ilości oddanych wystrzałów i od stopnia zużycia lufy – jeden z wymienionych procesów jest przeważający, a pozostałe, chociaż zachodzą równolegle, to jednak mają oddziaływanie drugorzędne. Wszystkie te procesy zachodzą w lufie w przeciągu jej „życia balistycznego”, lecz w różnych okresach rola ich jest niejednakowa [4].

Świadectwem początku procesu zużycia się przewodu lufy jest pojawienie się siatki wypaleń. Jest to bardziej lub mniej rozwinięta siatka mikropęknięć powierzchniowych, które pogłębiają i rozszerzają się wraz ze wzrostem ilości wystrzałów.

Te mikropęknięcia, podczas długoletniej eksploatacji, łączą się i tworzą niebezpieczne pęknięcia. Zmniejszenie przekroju głównego przez takie pęknięcia lub wżery może być przyczyną uszkodzeń lufy. Siatka pęknięć najwcześniej powstaje i jest najbardziej wyraźna w strefie od stożka przejściowego lufy do miejsca, gdzie działa największe ciśnienie gazów prochowych. W kierunku do wylotu lufy siatka pęknięć jest coraz mniejsza i przy samym wylocie prawie niewidoczna. W komorach nabojoych dział z ładowaniem rozdzielnym, gdzie metal komory nie jest osłonięty metalem łuski, również zachodzi wypalenie i powstawanie siatki pęknięć. W działach o ładowaniu rozdzielnołuskowym wypalenie występuje tylko w przedniej części komory, gdzie gazy prochowe działają bezpośrednio na powierzchnie metaliczne lufy. Równolegle z powstawaniem siatki wypalenia zmienia się również mikrostruktura metalu powierzchni

przewodu lufy i tworzy się tzw. „naskórek wypalenia”. Materiał przewodu lufy jest zawsze ulepszony termicznie, to znaczy ma strukturę stali odpuszczonej. Powierzchniowy „naskórek wypalenia” ma strukturę stali zahartowanej.

Zahartowanie powierzchni przewodu lufy następuje w związku z silnym nagrzewaniem powierzchni metalu gazami prochowymi do temperatury powyżej 820-850°C i szybkim ochłodzeniem masą metalu lufy.

Taka cyklicznie powtarzająca się „dynamiczna obróbka cieplna” powierzchni metalicznej lufy powtarza się przy każdym wystrzale, powodując nie tylko hartowanie tej powierzchni, ale jej równoczesne mikropęknięcie.

W wyniku współdziałania miedzianego pierścienia wiodącego pocisku ze ściankami lufy i gazami prochowymi na powierzchni przewodu osadza się miedź. W przewodzie lufy miedź osadza się nierównomiernie, tworząc strefy zamiedzenia.

2. OGÓLNA KLASYFIKACJA WAD MATERIAŁOWYCH UiSW

W zależności od położenia wad materiałowych UiSW można wyróżnić:

- wady zewnętrzne;
- geometryczne (odchylenia wymiarowe, ubytki korozyjne, wady kształtu);
- powierzchni (porowatość, zawalcowania, zakucia, otwarte pęknięcia, nie szczelności);
- wady wewnętrzne;
- wewnętrzne nieciągłości materiału w skali makro (wtrącenia, pęcherze, żuźle, pęknięcia).

W zależności od mechanizmu powstawania można wyróżnić:

- wady technologiczne – powstałe w procesie produkcyjnym,
- błędy technologiczne (jamy skurczowe, zakucia),
- wady eksploatacyjne – spowodowane warunkami pracy lub charakterem ,
- obciążenia materiału (pęknięcia zmęczeniowe lub korozyjne, korozja).

W celu wykrycia wad materiałowych różnych elementów konstrukcyjnych uzbrojenia okrętowego, niewykrywalnych podczas oględzin zewnętrznych sprzętu, można przeprowadzać ich badania nieniszczące. Jednak dobór metody badań nieniszczących zależy od wielu czynników [4]. Zawierają je następujące grupy:

a) charakterystyka kontrolowanego elementu:

- rodzaj materiału;
- struktura materiału i stan obróbki cieplnej;
- stan powierzchni;
- wymiary zewnętrzne i masa;
- kształt;
- sposób wytworzenia;

b) charakterystyka poszukiwanych wad:

- rodzaj;

- wymiary;
 - orientacje;
 - umiejscowienie;
 - normy i wzorce wad;
- c) organizacja weryfikacji:
- metody i wyposażenie będące w dyspozycji;
 - instrukcje prowadzenia weryfikacji;
 - dostęp do elementu;
 - czas i miejsce przeprowadzenia badań;
 - koszt wyposażenia;
 - kwalifikacje personelu;
 - warunki BHP podczas kontroli.

Uszkodzenia uzbrojenia okrętowego są głównie związane z:

- wpływem wysokiej temperatury;
- obciążeniami udarowymi;
- oddziaływaniem środowiska morskiego;
- niewłaściwie prowadzoną eksploatacją i przeglądami okresowymi;
- wadami konstrukcyjnymi.

3. BADANIA ULTRADŹWIĘKOWE

Metoda badań ultradźwiękowych należy do grupy metod objętościowych, podobnie jak metoda radiograficzna. Umożliwia badanie obiektów wykonanych ze stali ferrytycznych, austenitycznych, aluminium, magnezu, miedzi, stopów miedzi, ołowiu, niklu, materiałów kompozytowych, a nawet drewna i tworzyw ceramicznych.

Defektoskopia ultradźwiękowa może być wykorzystywana do poszukiwania wad wewnątrz materiałowych uzbrojenia okrętowego, np. do sprawdzania ciągłości materiałów, z których wykonane są poszczególne elementy uzbrojenia okrętowego. Ze względu na duże ciśnienia panujące podczas wystrzału z armaty okrętowej, powstałe wady materiałowe mogą doprowadzić m.in. do rozerwania komory nabojeowej. Metodą tą możliwe jest m.in. wykrywanie najbardziej niebezpiecznych nieciągłości: płaskich oraz wąskoszczelinowych. Fale ultradźwiękowe rozchodzące się w ośrodkach stałych, ciekłych i gazowych uginają się wokół przeszkód występujących na ich drodze, a na granicy dwóch ośrodków ulegają załamaniu i odbiciu [8].

Własności te wykorzystano w badaniach defektoskopowych. Drgania ultradźwiękowe podczas badań nieniszczących są generowane za pomocą przetworników piezoelektrycznych, przetwarzających energię mechaniczną na elektryczną i odwrotnie. Stosowane są dwie podstawowe techniki defektoskopowych badań ultradźwiękowych: metodą echa i metodą przepuszczania. W praktyce stosuje się drgania o częstotliwościach od 0,2 do 6 MHz. Do kontroli elementów uzbrojenia okrętowego o dużych przekrojach zaleca się stosować fale o mniejszej częstotliwości, łatwiej przenikającej przez materiał. Natomiast ze wzrostem częstotliwości fal ultradźwiękowych zwiększa się wy-

krywalność wad, np. w metodzie echa można ujawnić wady, których wymiar jest większy od połowy długości fali.

Sprzęt diagnostyczny do badań ultradźwiękowych to aparaty impulsowe, które nadają krótkie impulsy nadawcze, po czym przełączają się na odbiór sygnałów odbitych od granicy ośrodka lub wady, zamieniając je na obraz oscyloskopowy. Czynności te są powtarzane od kilku do kilkuset razy na sekundę.

4. BADANIA METODĄ ECHA

Wytworzone przez głowicę ultradźwiękową fale rozchodzą się w badanym materiale i po odbiciu od powierzchni lub wady powracają do przetwornika pobudzając go do drgań mechanicznych. Przetwornik zamienia drgania mechaniczne na impulsy elektryczne przekazywane do lampy oscyloskopowej, gdzie rejestrowane są amplituda sygnału odbitego od nieciągłości oraz czas, jaki upłynął od impulsu nadanego i odebranego. Znając prędkość rozchodzenia się fal w badanym materiale, można określić głębokość, na jakiej występuje wada.

5. BADANIA METODĄ PRZEPUSZCZANIA

Dwa przetworniki: nadawczy i odbiorczy, umieszczone po przeciwnych stronach badanego przedmiotu, rejestrują zmiany natężenia fal ultradźwiękowych przepuszczanych przez np. metal. W przypadku napotkania wad w materiale fala ultradźwiękowa ulega osłabieniu. Głębokości i rozległość pęknięć wewnątrzmaterialowych możemy zaobserwować na ekranie monitora.

6. BADANIA METODĄ DEFEKTOSKOPII ELEKTROMAGNETYCZNEJ

Metoda defektoskopii elektromagnetycznej umożliwia wykrywanie pęknięć o szerokości do 0,001 mm. Stosuje się magnetyzację: podłużną, poprzeczną, kombinowaną. Zdolność do wykrywania różnie umiejscowionych wad zależy od metody (sucha, mokra), rodzaju i natężenia prądu oraz rodzaju magnetyzacji (poprzeczna wykrywa pęknięcia podłużne; podłużna wykrywa pęknięcia poprzeczne).

Do wykrywania wad powierzchniowych stosuje się prąd przemienny, a wad głębokich prąd stały. Wykorzystuje się tu specjalne aparaty – defektoskopy elektromagnetyczne (uniwersalne, specjalizowane). Element sprawdzany należy po badaniu rozmagnesować. Na rysunku 2 przedstawiono przenośny defektoskop elektromagnetyczny zasilany z opcjonalnego zasilacza prądu stałego 12 V lub akumulatora 12 V. Elastyczność ramion umożliwia dokładne wzbudzenie pola magnetycznego tylko na kontrolowanym obszarze. Jego obszar roboczy dla maksymalnie rozstawionych ramion wynosi 215 mm.

7. BADANIA METODĄ DEFEKTOSKOPII RADIOGRAFICZNEJ

Metoda radiograficzna stosowana w defektoskopii służy do kontroli połączeń spawanych, odlewów itd. Badane są przede wszystkim złącza spawane stali ferretycznych i austenitycznych, aluminium i jego stopów oraz miedzi, niklu i innych. Badania radiograficzne połączeń spawanych wykorzystywane są do wykrywania nieciągłości spawalniczych jakimi, są m.in.: pęknięcia, pęcherze, żuźle, wtrącenia obcego metalu, przyklejenia oraz braki przetopu.

Jest ona stosowana powszechnie do kontroli spoin spawalniczych, może być wykorzystywana także do kontroli spawanych kadłubów oraz panwi łożysk regenero-

wanych podczas remontu. Można badać elementy o grubości $\leq 200 \div 250$ mm. Czulość badania elementów metodami radiologicznymi jest duża, określa się ją procentowo w odniesieniu do grubości badanego elementu. Można stosować grubościomierze gamma (pomiar trwa tylko 20 s, dostęp tylko z jednej strony elementu). Zaletą tej metody jest możliwość badania bez wcześniejszego przygotowania elementu [8].

8. BADANIA METODĄ PENETRACYJNĄ

Metoda penetracyjna jest jedną z metod badań nieniszczących. Dzięki zjawisku włoskowatości cieczy (penetranta) – czyli zdolności do wnikania cieczy do cienkich nieciągłości – umożliwia ona wykrywanie otwartych nieciągłości powierzchniowych, płaskich wąskoszczelinowych różnie zorientowanych (pęknięcia na gorąco, na zimno, pęknięcia hartownicze, szlifierskie, pęknięcia zmęczeniowe).

Metody penetracyjne dzieli się na metody fluoroscencyjne i metody barwne. Możliwe do wykrycia wady to: pęknięcia, korozja (punktowa, powierzchniowa, międzykrystaliczna, naprężeniowa), nieszczelności, wgłębienia, rysy, porowatości. Najpopularniejsza jest metoda „nafta-kreda”. Nafta jako penetrator, wnika w pęknięcia badanych powierzchni. Po usunięciu nadmiaru nafty badane powierzchnie smaruje się kredą roztartą w denaturacie. Po odparowaniu kreda zasysa naftę, ukazując wadę poprzez zmianę barwy. Proces defektoskopii penetracyjnej wygląda następująco: czyszczenie i osuszanie, nanoszenie penetranta, wnikanie i usuwanie penetranta z powierzchni, osuszanie powierzchni, nakładanie wywoływacza, obserwacja wskazań, interpretacja wyników i czyszczenie po kontroli [8].

Zalety: niezależność od kształtu i wymiarów, możliwość badania różnych materiałów, duża wykrywalność wad, niskie koszty, dowolność miejsca kontroli, krótki czas kontroli. Wady: wykrywa tylko nieciągłości powierzchni, wpływ rodzaju obróbki i chropowatości na wynik pomiaru.

9. BADANIA METODĄ NDT UŁSW

Badania nieniszczące NDT (Non-Destructive Testing) to badania, które umożliwiają uzyskanie informacji o stanie, własnościach i ewentualnych wadach badanej struktury czy materiału bez ingerowania w cechy użytkowe UŁSW. W przeciwieństwie do tzw. badań niszczących, badania NDT oceniają stan UŁSW bez fizycznej ingerencji w jego strukturę, przez co są pod względem eksploatacyjnym tańsze. Badania nieniszczące UŁSW jest to sposób oceny stanu UŁSW, niewpływający w istotny sposób na jego właściwości strukturalne i powierzchniowe. Badania nieniszczące UŁSW służą do wykrywania nieciągłości materiałowych, oceny właściwości materiałów oraz dokonywania pomiarów gabarytów obiektów bez wywoływania zmian ich właściwości użytkowych [4].

Metody i techniki NDT stosowane są w przemyśle zbrojeniowym ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej jakości półwyrobów, wyrobów końcowych, urządzeń i konstrukcji UŁSW. Oczywiście badania destrukcyjne (polaryzacyjne, impedancyjne, harmoniczne itp.) dostarczają więcej informacji dotyczących badanej próbki i całego elementu, jednakże jego dalsze wykorzystanie nie jest już możliwe, co wiąże się ze wzrostem kosztów takich procesów. Dlatego testy zniszczeniowe, w przeciwieństwie do badań nieniszczących, wykonywane są zazwyczaj na elementach post mortem, czyli po wycofaniu z eksploatacji. Badania nieniszczące przeprowadza się zazwyczaj na działających obiektach UŁSW, mają one na celu wcześniejszą detekcję możliwości za-

istnienia awarii UiSW a w konsekwencji przedsięwzięcie odpowiednich środków zaradczych. Stosowanie technik badań nieniszczących UiSW wymaga odpowiedniej wiedzy i umiejętności a często także doświadczenia, czasami wiąże się bowiem z komplikacjami w interpretacji wyników. Badania nieniszczące umożliwiają lokalizację defektów materiału UiSW. Wady fabryczne, czy wady eksploatacyjne UiSW przyczyniają się do skrócenia żywotności elementu wykonanego z wadliwego surowca bądź nawet awarii spowodowanej wadami strukturalnymi materiału. Dzięki temu, że testowanie nieniszczące pozwala na wczesną selekcję wadliwych elementów, ma ono trudne do przecenienia znaczenie dla stabilnej pracy UiSW.

Metody i techniki badań nieniszczących UiSW są szeroko wykorzystywane do badania stanu urządzeń technicznych eksploatowanych w SZ RP w celu wykrycia uszkodzeń mogących doprowadzić do awarii lub zniszczenia konstrukcji UiSW. Wyjątkowe znaczenie mają również w przemyśle raketowym, lotniczym, chemicznym, petrochemicznym, zbrojeniowym, energetyki jądrowej i konwencjonalnej, okrętownictwie, kolejnictwie, budowie dróg, mostów i tuneli oraz w innych dziedzinach, a zwłaszcza tam, gdzie istnieją zagrożenia dla życia człowieka i jego otoczenia. Szczególnie duże wymagania jakościowe dotyczą obiektów latających, statków, energetyki jądrowej i urządzeń ciśnieniowych energetyki konwencjonalnej.

Ponadto badania nieniszczące stosowane są także w dziedzinach nietechnicznych, takich jak badania dzieł sztuki i innych przedmiotów dziedzictwa kulturowego [4]. Miedzy innymi wykorzystuje się je do potwierdzenia autentyczności dzieł sztuki, określenia stanu konserwacji, a także wieku dzieła. Inną dziedziną wykorzystującą techniki badania nieniszczącego jest medycyna, np. diagnostyka i chirurgia ultrasonograficzna, diagnostyka rentgenowska, badania wizualne z użyciem endoskopów i inne.

Celem prowadzenia badań nieniszczących UiSW jest:

- zapewnienie bezpieczeństwa żołnierzom i personelowi cywilnemu;
- zapobieganie stratom ludzkim, stratom materialnym i katastrofom ekologicznym.

Badania nieniszczące UiSW umożliwiają:

- wykrywanie nieciągłości materiałowych (defektoskopia);
- ocenę właściwości materiałów (strukturoskopia);
- określenie wymiarów obiektów i pomiar grubości powłok (metrologia).

Co zostało już wspomniane, ale czemu należy się specjalna uwaga – badania nieniszczące UiSW mają szerszy zakres zastosowań od badań niszczących. Główna i najważniejsza przewaga NDT to możliwość określania właściwości i uzyskiwania dokładnego opisu fizycznego danego materiału UiSW. Przy zastosowaniu odpowiednich algorytmów możliwe jest określenie właściwości termicznych, wytrzymałościowych, elektromagnetycznych materiału UiSW bez jego spalania, przegrzewania, łamania, gięcia, obciążania, czy niszczenia na skutek prób z wykorzystaniem prądu elektrycznego. Metody badań nieniszczących znajdują zatem zastosowanie w ekonomicznych procedurach oceny niezawodności oraz jakości UiSW będącego w trakcie procesu technologicznego, jak i gotowych wyrobów.

Głównymi obszarami działań NDT są przemysł lotniczy, energetyczny, motoryzacyjny, petrochemiczny oraz zbrojeniowy we wszystkich ich aspektach konstrukcyjnych. Metody badań nieniszczących często stosuje się również w laboratoriach i ośrodkach naukowych m.in. MON, przy projektowaniu i określaniu właściwości nowych materiałów.

Istnieje wiele metod badań nieniszczących, wciąż powstają nowe lub stosuje się badania łączące dwie lub więcej metod. Do najczęściej stosowanych należą badania wizyjne, drganiowe, ultradźwiękowe, termograficzne, elektromagnetyczne (w tym najbardziej popularne wiroprądowe i magnetyczno-proszkowe), radiograficzne, bazujące na technologii laserowej oraz badania emisji akustycznej.

9.1. Ogólna charakterystyka badań endoskopowych wybranych UisW

Badania wizualne należą do metod badan powierzchniowych. Badania wizualne umożliwiają wykrywanie najbardziej niebezpiecznych nieciągłości, jakimi są nieciągłości powierzchniowe, np. płaskie, wąskoszczelinowe [5].

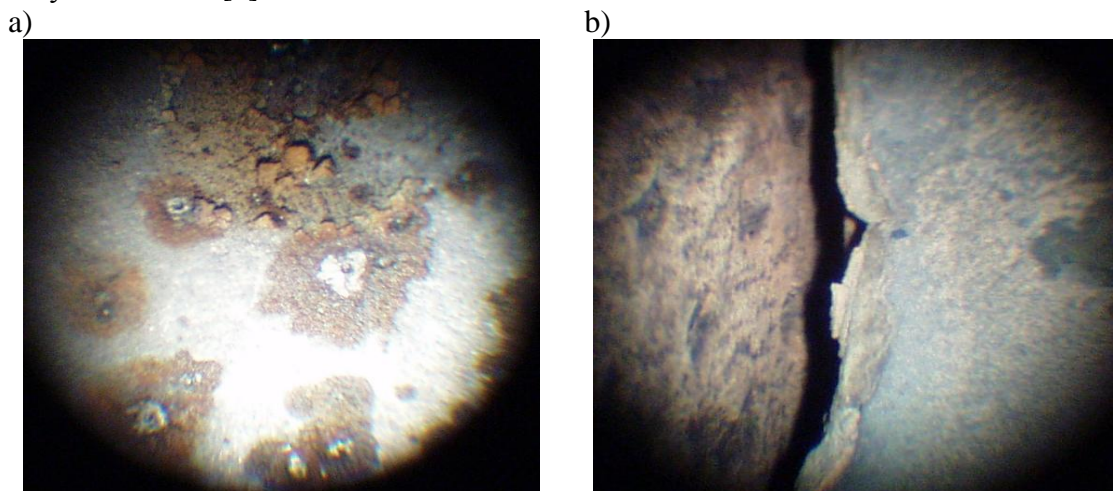
Endoskopia jest to bezdemontażowa metoda realizacji przeglądu wizualno-optycznego wewnętrznych przestrzeni UisW przy wykorzystaniu przyrządów wzornikowych nazywanych endoskopami.

Dynamicznie rozwijająca się endoskopia, która wcześniej stosowana była tylko w medycynie, współcześnie stanowi użyteczne i skuteczne narzędzie powszechnie wykorzystywane w wielu dziedzinach. Obecnie przyrządy endoskopowe wykorzystywane są głównie do oceny stanu technicznego wszelkiego rodzaju maszyn i urządzeń technicznych w motoryzacji, lotnictwie, okrętownictwie, budownictwie, przemyśle naftowym i chemicznym. Przyrządy endoskopowe stosowane są również w wojsku, straży granicznej i więziennictwie. Metoda wizualna najczęściej przeprowadzana jest w połączeniu z inną metodą badań nieniszczących jako badanie wstępne. Badania prowadzi się w sposób bezpośredni (okiem nieuzbrojonym) lub pośredni za pomocą takich urządzeń jak: lupa, endoskop, peryskop, zestaw lusterek i wideoskop. W Marynarce Wojennej RP badania endoskopowe wykonywane są od wielu lat w ramach corocznych badań diagnostycznych okrętowych silników spalinowych. Badania te wykonywane są przez Zespół Diagnostyczny Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Okrętów WME AMW.

Dla każdego typu silnika eksploatowanego w MW RP opracowano szczegółowe metodyki oraz instrukcje realizacji badań endoskopowych [4]. Na podstawie wieloletnich, systematycznych badań endoskopowych okrętowych silników spalinowych opracowano metodyki oceny ich stanu technicznego w warunkach eksploatacji. Dla udokumentowania wykrytych uszkodzeń i określenia tendencji ich rozwoju dokonuje się rejestracji fotograficznej zidentyfikowanych uszkodzeń. Wyniki badań przechowywane są w komputerowej bazie danych. Przykładowe wybrane uszkodzenia zidentyfikowane podczas eksploatacyjnych badań endoskopowych okrętowych silników spalinowych przedstawia rysunek 1.

Jak dotychczas, systematyczne badania endoskopowe przeprowadzane w ramach okresowych usług profilaktycznych okrętowych silników spalinowych eksploatowanych w Marynarce Wojennej RP wykazały dużą skuteczność tej metody. W wyniku przeprowadzonych przeglądów zidentyfikowano cały szereg uszkodzeń, które w przy-

padku dalszego ich rozwoju stanowić mogły istotne zagrożenie dla niezawodności badanych silników [7].



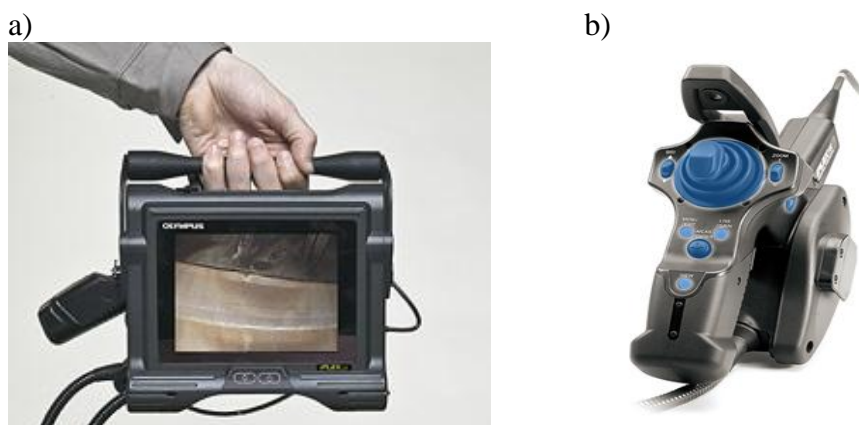
Rys. 1. Uszkodzenia zidentyfikowane podczas badań endoskopowych okrętowych silników spalinowych: a) ślady korozji na powierzchni łopatki kierowniczej b) ubytki materiału na powierzchni wierzchołka łopatki wirnikowej oraz uszczelnienia,

Źródło: [6]

Proces wykrywania uszkodzeń UiSW, a w tym luf armat morskich może odbywać się również za pomocą endoskopów. Przemysłowy elastyczny endoskop Olympus, o średnicy elementu roboczego $d_r=8$ mm umożliwia obserwację przestrzeni zamkniętych z powiększeniem 5-krotnym.

Wymienne końcówki optyczne zwiększają efektywność obserwacji. Wideoskopy Olympus do zdalnej kontroli są systemami spełniającymi wymagania inspekcji w środowisku armat morskich. Oferują przenośność i zdalne obrazowanie połączone z zaawansowanymi, lecz intuicyjnymi funkcjami, przez co są pożądanym instrumentem zdalnej kontroli wizualnej. Takie systemy wideoskopowe mogą być wszechstronnymi systemami kontroli, odpowiednimi dla szerokiego zakresu wymagań inspekcyjnych. Dlatego nieważne jest, czy operator leży w trudno dostępnym miejscu czy pracuje na stojąco na pokładzie okrętu – modele poszczególnych wideoskopów Olympus (rys. 2), posiadają niewielkie wymiary, zachowując przy tym wszystkie opcje i funkcjonalność. Aparatura zastosowania podczas badań luf armat morskich dokonanych w Pracowni Broni Raketowej i Artylerii (PBRiA) AMW ważyła 2,7 kg i umożliwiła dwugodzinną pracę akumulatorem litowo-jonowym.

Przeprowadzone próby wykazały łatwość zakładania przyrządu i umożliwiły szybkie jego ustawienie. Kompletny system, łącznie z akcesoriami i walizką, można było przenosić na kolejne miejsca pracy, w prawie każdych trudnych warunkach. Zdaniem przedstawicieli firmy Olympus modele te mogą być używane na deszczu, w piasku i pyle, wytrzymują wstrząsy fizyczne spowodowane upuszczeniem, co zapewnia zgodność z normami IP55 i MIL-STD. Dzięki wyświetlaczowi o niskiej odbijalności monitor z funkcją Daylight-View do pracy przy silnym nasłonecznieniu oferuje wyraźne, żywe obrazy nawet przy najjaśniejszym świetle słonecznym.



Rys. 2. Wideoskop przemysłowy Olympus do badań endoskopowych:

a) monitor z funkcją Daylight-View ułatwiająca pracę przy silnym nasłonecznieniu b) moduł sterujący pozwalający korzystać z przycisków, dźwigni i dżojstika

Źródło: [online]. [dostęp: 2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.olympus-ims.com>

Modele wideoskopów Olympus IPLEX LX i LT pozytywnie przeszły testy środowiskowe uznawane przez międzynarodowe normy wojskowe (MILSTD-810G/MIL-STD-461F), w tym próby w deszczu i wietrze, wilgotności, mgle solnej, piasku i pyłe, oblodzeniu/marznącym deszczu oraz w atmosferze zagrażającej wybuchem. Są one też wytrzymałe na drgania lub upuszczenie z wysokości do 1,2 m. Końcówki sondy wideoskopu IPLEX LX wytrzymują temperatury do 100°C.

Jeśli zaistnieje ryzyko przegrzania się sondy, czujnik wysokiej temperatury wysyła ostrzeżenie za pomocą sygnału dźwiękowego i wyświetlenia wskaźnika ostrzegającego. Odporne na zgniecenia sondy wideoskopów posiadają oplot zewnętrzny ze wzmocnionego wolframu, zapewniający odporność na ścieranie. Wytrzymałość sondy oraz jej elastyczność pozwala na inspekcje nawet w trudnych okrętowych warunkach i niebezpiecznym otoczeniu. W endoskopach firmy Olympus zastosowana technologia umożliwia nawigację sondy dzięki sztywności i elastyczności, a zwiększona sztywność 8.5 milimetrowe sondy pozwala na łatwe jej wprowadzenie sondy na dużą głębokość przewodu luf armat morskich bez konieczności użycia prowadnicy, dzięki czemu jest to pożądane rozwiązanie do inspekcji długich luf artyleryjskich. Dokładność pomiaru wideoskopu zależała głównie od odległości sondy od danego miejsca badanego obiektu, np. lufy armaty morskiej.

Technologia Spot-Ranging to narzędzie mierzące odległość od końcówki sondy do obiektu docelowego lufy artyleryjskiej w czasie rzeczywistym – ustawiając końcówkę sondy na optymalnej odległości od pożądanego miejsca badań. Operator podczas dokonywanych badań diagnostycznych mógł określić, czy końcówka jest wystarczająco blisko, aby dokonać najdokładniejszego pomiaru za pierwszym razem.

Moduł sterujący pozwala w efektywny sposób korzystać z przycisków, dźwigni i dżojstika, zapewniając szybki dostęp do wszystkich najważniejszych funkcji menu. Wśród zaawansowanych funkcji dostępnych w zasięgu ręki operatora są między innymi udoskonalanie obrazu, przyciski nagrywania i różne opcje pomiarów. Niektóre modele wideoskopów firmy Olympus, np. IPLEX LX i LT, pozwalają na archiwizację obrazów, pomiar usterek i zarządzania obrazem na komputerze [3].

W celu łatwiejszej archiwizacji obrazów można szybko zidentyfikować miejsce lub wynik inspekcji za pomocą tytułu. Specjalistyczne oprogramowanie umożliwia zarządzanie danymi obrazów oraz precyzyjne pomiary obiektów na zarejestrowanych obrazach. Jest to narzędzie dla użytkowników dokonujących ponownych pomiarów lub sprawdzających zapisane ich wyniki. To zaawansowane oprogramowanie umożliwia przetwarzanie informacji i tworzenie raportu, w celu sprawnego przygotowania sprawozdania z badania.

9.2. Przykłady badań endoskopowych luf armat morskich

W eksploatacji uzbrojenia morskiego i sprzętu wojskowego (UMiSW) Marynarki Wojennej RP coraz powszechniej powinny być wykorzystywane nowe metody badań diagnostycznych, a w szczególności badania endoskopowe. Nieinwazyjne metody diagnostyczne mogą pozwolić na szybkie i dokładne ustalenie przydatności UiSW do dalszej eksploatacji, podczas wykonywania jego obsługi. Szczególnie dużą przydatność mogą wykazywać w trudno dostępnych miejscach, np. w przypadku, gdy demontaż elementu UMiSW jest utrudniony i czasochłonny. Badania nieniszczące UiSW można wykonać w celu określenia aktualnego stanu technicznego lub wykrycia przyczyn awarii czy uszkodzenia sprzętu, jak również w celu wyeliminowania przyczyn niesprawności, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji uzbrojenia.

a)



b)



Rys. 3. Wideoskop podczas badań luf armat morskich w PBRiA: a) wideoskop na stanowisku diagnostycznym w PBRiA b) ślady korozji na powierzchni wewnętrznej przewodu lufy

Źródło: Opracowanie własne

Do badań endoskopowych luf armat morskich wykorzystano wideoskop Olympus IPLEX LX (rys. 3), jako zestaw diagnostyczny.

Badania endoskopowe luf armat morskich powinny być wykonywane w następujących sytuacjach:

- w czasie realizacji przeglądów profilaktycznych (co najmniej raz w roku), które powinny obejmować niezbędny zakres i chronologię prowadzenia przeglądów przestrzeni wewnętrznych, umożliwiających wykrycie defektów poszczególnych elementów i układów funkcjonalnych;
- przy bieżącej ocenie stanu technicznego, w razie konieczności przedłużenia okresu międzyremontowego itp.

Podczas badań endoskopowych UiSW szczególną uwagę należy zwracać na:

- pęknięcia, rysy oraz ubytki materiału;

- intensywność procesów zanieczyszczenia i zużycia poszczególnych elementów;
- występowanie lokalnych ogniw korozji oraz erozji powierzchniowej.

PODSUMOWANIE

Umieszczenie diagnostyki technicznej UiSW w problematyce monitorowania i zarządzania systemami uzbrojenia i sprzętu wojskowego, wskazuje na jej miejsce i zadania, a racjonalne wprowadzanie osiągnięć nowoczesnych technologii diagnostycznych zapewnia efektywność ekonomiczną jego funkcjonowania.

Badania endoskopowe pozwalają na szybką i wnikliwszą ocenę stanu technicznego UiSW bez konieczności częściowego demontażu w/w sprzętu. Dzięki systematycznym badaniom endoskopowym, przeprowadzonym w ramach okresowych obsług profilaktycznych, możliwe będzie odpowiednio szybkie wykrycie wszelkich uszkodzeń UiSW oraz ich rozmiaru, co pozwoli zapobiec poważniejszym awariom, a także zminimalizuje koszty naprawy. Jest to istotne również ze względu na to, że decyzję o dopuszczeniu UiSW do dalszej eksploatacji podejmować należy w oparciu o jego udokumentowany stan techniczny. Znacząco wpłynie to również na możliwość dokładnego określania gotowości bojowej okrętów Marynarki Wojennej RP.

Zapewnienie szybkiego i poprawnego rozwoju diagnostyki technicznej stawia określone wymagania przed systemem edukacji w Marynarce Wojennej RP, w którym zagadnienie kształcenia młodych kadr dla potrzeb diagnostyki jest wyraźnie już sprecyzowane i oczekuje na szybkie wdrożenie. Jakże często podejmowane nowe kierunki badań, w tym i wybrane problemy diagnostyki zasygnalizowane w tym artykule, stanowią o randze dyscypliny naukowej. Ich przedstawienie pobudza niejednokrotnie do intensywnych badań, znacznie ułatwiających możliwości nowych dokonań, na które oczekuje praktyka okrętowa.

Zastosowanie optymalnych, nowoczesnych metod i technik prognostycznych UiSW nie zastępuje diagnostycznego myślenia, lecz przeciwnie, zwiększa wymagania, wymuszając dodatkowe złożone analizy, związane z oceną możliwości ich użycia.

Przy opracowywaniu prognoz diagnostycznych UiSW należy uwzględnić dane o prawidłowości procesów kontrolowanych i ich uwarunkowaniach rozwojowych, a także możliwych dodatkowych czynnikach wpływających na ich przebieg. W niniejszym artykule autorzy zaprezentowali jedynie kilka głównych metod defektoskopii UiSW, które z powodzeniem można zastosować do oceny jego stanu technicznego. Wybór odpowiedniej metody poszukiwania wad powinien nastąpić zdaniem autorów po wcześniejszym ustaleniu, przyczyny wystąpienia niesprawności lub uszkodzenia UiSW i określaniu jakiego typu to mogą być defekty.

LITERATURA

1. Charchalis A. i in., *Sprawozdania z badań diagnostycznych turbinowych silników spalinowych eksploatowanych na okrętach MW RP* – prace badawcze AMW, Gdynia 1992-2004.
2. Chmieliński M., Hoppe J., Milewski S., *Możliwości wykorzystania nowoczesnego sprzętu diagnostycznego w procesie obsługi uzbrojenia okrętowego*, Materiały

- z I Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej IBM AMW i OBR CTM „Technika i uzbrojenie morskie”, NATCon 2007, Gdynia 24-26.10.2007.
3. Chmieliński M., Milewski S., Pojawa B., *Nowoczesne metody badań diagnostycznych uzbrojenia okrętowego i sprzętu wojskowego*, [w:] „Zeszyty Naukowe AMW, 172B Publikacje z zakresu Kierowania ogniem systemów obrony powietrznej przeciwlotniczej”, Gdynia 2008.
 4. Deputat J., *Nieniszczące metody badania własności materiałów*, Biuro Gamma, Warszawa 1997.
 5. Hlebowicz J., *Badania wizualne – zasady ogólne i przykłady zastosowań*, Biuro Gamma, Warszawa 1997.
 6. Korczewski Z., Pojawa B., *Metodyka badań endoskopowych okrętowych tłokowych silników spalinowych M401 A1/A2* AMW, Gdynia 2004.
 7. Korczewski Z., *Endoskope examinations of naval gas turbines*. Polish Maritime Research, Vol. 5, No 4. December 1998, p. 18–21.
 8. Lewińska-Romicka A., *Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii*, WNT, Warszawa 2001.
 9. [online]. [dostęp: 16.09.2012]. Dostępny w Internecie: <http://www.olympus-ims.com/pl>

SELECTED DIAGNOSTIC TESTS OF WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT WITH ENDOSCOPIC INSTRUMENTS

Summary

The article presents selected tests of weapons and military equipment (materiel) facilitating the diagnostic and reliability assessment of their technical condition. In addition, the paper discusses some methods of the non-destructive diagnostics of tanks with specialized endoscopic instruments. Endoscopy belongs to the group of non-destructive testing that allows for the fast, precise and unambiguous definition of the technical condition of the interior spaces and the elements of the appliances. The authors describe the possibility of using endoscopic methods to determine and predict the technical condition of barrels in decision-making supplies. Non-invasive procedures allow one to quickly and accurately determine the suitability of equipment for further use in the performance of its service. The non-destructive testing of tanks can be carried out in order to determine the current state of repair or determination of the cause of failure or damage to the equipment so as to eliminate the causes of failure and to ensure the safe use of weapons.

Keywords: *endoscopic tests, weapons and military equipment, technical condition, technical diagnostics*

NOTY BIOGRAFICZNE

kmdr por. mgr inż. Mirosław Franciszek CHMIELIŃSKI – starszy wykładowca – kierownik Pracowni Broni Rakietowej i Artylerii AMW w Gdyni; Prezes Koła Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich przy AMW; Rzecznik SIMP; Biegły Sądowy Sądu Okręgowego w Gdańsku; Biegły Skarbowy Izby Skarbowej w Gdańsku; Zaprzysiężony Ekspert Krajowej Izby Gospodarki Morskiej w Gdyni w specjalnościach: Uzbrojenie i Sprzęt Wojskowy oraz jego specjalne wyposażenie techniczne, pojazdy samochodowe i ciągniki, systemy zarządzania jakością, bezpieczeństwo transportu ładunków niebezpiecznych; Rzecznik Wojewódzkiego Inspektoratu Inspekcji Handlowej w Gdańsku w zakresie kontroli jakości maszyn objętych Dyrektywą 2006/42/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 17 maja 2006 r. Autor kilkudziesięciu artykułów i referatów wygłoszonych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

mgr inż. Łukasz KOBUS – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej, a także Wydziału Zaawansowanych Technologii na Uniwersytecie w Glamorgan (Walia). W firmie Olympus pracuje jako specjalista ds. urządzeń do badań nieniszczących w metodzie ultradźwiękowej i wizualnej, a także w dziedzinie rejestracji i pomiarów zjawisk szybko zmiennych za pomocą kamer wysokich prędkości.