

Nowoczesne badania nieniszczące luf armat morskich podstawą bezpieczeństwa eksploatacji techniki wojskowej

Modern non-destructive testing marine cannon barrels
the basis for the operational safety
of military technology

Streszczenie

Referat charakteryzuje możliwości oceny stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej na przykładzie luf armat morskich poprzez zastosowanie badań endoskopowych. Prawidłowa ocena stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej wymaga doświadczenia i wiąże się z dużą odpowiedzialnością, lecz prawidłowo wykonana może uchronić sprzęt przed ostateczną utratą własności, zminimalizować koszty, a w szczególności zapobiec nie rzadko śmiertelnym wypadkom. Badania wizualno-endoskopowe należą do grupy badań nieniszczących pozwalających na szybkie, dokładne i jednoznaczne określenie stanu technicznego wewnętrznych przestrzeni luf armat morskich.

W referacie zwrócono uwagę na wdrażanie wybranych rozwiązań technologicznych w procesie eksploatacji uzbrojenia morskiego ze szczególnym uwzględnieniem wyrobów firm współpracujących z wojskiem, w których oferowane rozwiązania powstają w oparciu o najnowsze rozwiązania technologiczne i spełniające wysokie wymagania wojskowe. Zaprezentowany wideoskop iPLEX RT/RX spełnia stawiane wymagania ww. inspekcji, jak również jest nowoczesnym i wszechstronnym systemem kontroli, odpowiednim dla wymaganego zakresu wymagań inspekcyjnych szeroko rozumianej techniki wojskowej.

Słowa kluczowe: badania nieniszczące, lufy armatnie

Abstract

The article presents the opportunity to evaluate and diagnose the state of the marine technical equipment (armaments), based on example of marine cannon barrels tested with industrial endoscope. Correct evaluation of condition of military technology products requires an experience, and is related with big responsibility. However, carried out properly can protect the equipment from complete damage, reduce the maintenance costs, and finally can prevent fatal accidents, which are not uncommon. Endoscopes belong to the group of non-destructive testing instruments and allow for quick, precise and unambiguous definition of the technical condition especially of the internal space and the elements of the cannon barrels.

The document highlights the implementation of several technologies into process of exploitation of maritime armaments, with particular emphasis on the companies which cooperate with armed forces. Products offered by these companies were developed with use of the latest technologies and fulfil strict, military requirements. Presented videoscope Iplex RT/RX comply with military standards and is modern and comprehensive control system which is appropriate for wide range of military applications.

Keywords: non-destructive testing, cannon barrels

Mgr inż. Szymon Kubisiak – Olympus Polska, mgr inż. Miroslaw Chmieliński – Akademia Marynarki Wojennej.

Autor korespondencyjny/Corresponding author: m.chmielinski@amw.gdynia.pl

Wstęp

Proces rozwoju Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, przebiegający równolegle z wdrażaniem na wyposażenie nowoczesnych wyrobów obronnych tj. uzbrojenia i sprzętu wojskowego (techniki wojskowej) spełniającego standardy NATO, jest procesem ciągłym i długotrwałym [19]. Siły Zbrojne RP posiadają na swoim wyposażeniu coraz doskonalsze systemy techniki wojskowej, pomimo tego, w praktyce eksploatacyjnej znane są przypadki poważnych jej uszkodzeń, których pierwotne przyczyny nie zostały wykryte w odpowiednim czasie. Trudności rozpoznawania uszkodzeń nowoczesnej techniki wojskowej na podstawie zmian wartości poszczególnych parametrów charakteryzujących jej stan techniczny, związane są z niewłaściwą interpretacją symptomów powstałego defektu. Często są one identyfikowane, jako symptomy naturalnego procesu starzenia lub zużycia poszczególnych elementów techniki wojskowej zdeterminowane czasem jej eksploatacji. Zewnętrzne objawy w takich przypadkach są zazwyczaj zbieżne i trudne do jednoznacznego określenia. W takich przypadkach jedyną możliwością uzyskania arbitralnej diagnozy o stanie technicznym techniki wojskowej a w tym np. luf armat morskich zapewnia m.in. inspekcji jej przestrzeni wewnętrznych z wykorzystaniem endoskopów, dzięki którym w sposób bezinwazyjny, bardzo szybki oraz jednoznaczny rozwiane zostają wątpliwości nurtujące eksploatatora. Troskliwy stosunek do techniki wojskowej jest dowodem wysokiej kultury technicznej i dyscypliny żołnierzy.

Charakterystyka wyrobów techniki wojskowej

Prawidłowa ocena stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej – luf armat morskich wymaga doświadczenia i wiąże się z dużą odpowiedzialnością, lecz prawidłowo wykonana może uchronić ww. sprzęt przed ostateczną utratą własności, zminimalizować koszty, a w szczególności zapobiec nie rzadko śmiertelnym wypadkom. Umieszczenie badań nieniszczących w problematyce monitorowania i zarządzania w procesie eksploatacji techniki wojskowej, wskazuje na jej miejsce i zadania, a racjonalne wprowadzanie osiągnięć nowoczesnych technologii diagnostycznych zapewnia efektywność ekonomiczną ich funkcjonowania. Badania nieniszczące, w omawianym przypadku to badania wizualne metodą endoskopową, pozwalają na szybką i wnikliwą ocenę stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej, bez konieczności częściowego demontażu ww. sprzętu, a służą wykryciu przyczyn awarii lub uszkodzenia sprzętu, jak również wyeliminowaniu przyczyn niesprawności, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji uzbrojenia [4]. Przy opracowywaniu prognoz diagnostycznych techniki

wojskowej, należy uwzględniać dane o prawidłowości rozwoju procesów kontrolowanych i ich uwarunkowaniach rozwojowych, a także możliwych dodatkowych czynnikach wpływających na ich przebieg. Podstawowym założeniem badań nieniszczących jest dokonanie oceny stanu badanego obiektu bez dokonywania ingerencji w jego budowę i wzajemne połączenia, a tego typu diagnostyka jest nauką zajmującą się badaniem stanu obiektów za pomocą metod, które można określić jako bezinwazyjne. Nazwa taka przyjęła się powszechnie w medycynie i dobrze oddaje istotę stosowanych metod badawczych: badanie nie powoduje zniszczenia obiektu, a jego stan, pomimo przeprowadzenia badania, nie zmienia się.

Badania nieniszczące jako badania diagnostyczne stosowane są również w technice wojskowej, wszędzie tam, gdzie nie jest możliwe przeprowadzenie demontażu elementów lub podzespołów, gdzie naruszenie struktury zespołu może prowadzić np. do przedwczesnego zużycia współpracujących części i wreszcie wtedy, gdy zdemontowanie części i przeprowadzenie tzw. rozbiórki warsztatowej i próba oceny stanu współpracujących części może okazać się zbyt kosztowna i pracochłonna, a efekt daleko odbiegający od oczekiwanego.

Jednym z ważniejszych sposobów oceny np. stanu luf armat morskich jest skontrolowanie ich wyglądu wzrokowo, jednak w wielu przypadkach taka ocena jest bardzo utrudniona ze względu na jej położenie i możliwość odpowiedniego ustawienia oka.

W wielu przypadkach obejrzenie lufy armaty morskiej dokładnie gołym okiem staje się bez demontażu po prostu niemożliwe. Opisywane badania wizualne to najstarsza i najbardziej rozpowszechniona metoda kontroli. Badania takie przeprowadza się okiem nieuzbrojonym, bądź z wykorzystaniem specjalistycznych przyrządów optycznych. W referacie zaprezentowano możliwość diagnostyki i oceny stanu technicznego luf armat morskich za pomocą przyrządów endoskopowych. Dysponując prostymi środkami, umożliwiającymi zajrzenie w te trudno dostępne miejsca, można znacząco zmienić jakość wykonywanego badania. Metody te, niezależnie od ich wysokiej przydatności i wiarygodności, umożliwiają jednak ocenę stanu elementów w sposób pośredni i tylko bezpośrednia – wzrokowa ocena wyglądu elementów da rozstrzygnięcie wątpliwości.

NO-06-A011:2003 zatwierdzona i wprowadzona do stosowania przez Ministra Obrony Narodowej decyzją Nr 29/MON z dnia 10 lutego 2003 r. zmieniającą decyzję w sprawie norm obronnych (Dz. Urz. MON z 2003 r. Nr 2, poz. 13) definiuje znaczenie podstawowych terminów z obszaru techniki wojskowej, która powinna być: niezawodna, bezpieczna, łatwa w obsłudze podczas eksploatacji oraz zgodna z zapotrzebowaniem zamawiającego. Zgodnie z w/w Normą Obronną, Technikę wojskową dzieli się na:

– wyroby techniki wojskowej, czyli wyrób – środek techniczny, przeznaczony do wykonywania zadań

bojowych, części wchodzące w jego skład, oprogramowanie komputerowe, próby, wyroby uzupełniające oraz wyposażenie i aparatura zapewniająca jego eksploatację i naprawę (w tym urządzenia szkolno-treningowe), opracowany lub zakupiony zgodnie z zapotrzebowaniem zamawiającego sprzęt wojskowy;

- materiały techniki wojskowej, to materiał – tworzywo, surowiec, substancja, mające praktyczne zastosowanie w eksploatacji i przy wykonywaniu zadań bojowych, opracowane lub zakupione zgodnie z zapotrzebowaniem zamawiającego sprzęt wojskowy według dokumentacji przez niego zatwierdzonej (uzgodnionej).

Wyróżnia się dwie grupy wyrobów i materiałów techniki wojskowej:

- grupę wyrobów i materiałów specjalnych, wykonywanych na potrzeby wojska według ustalonych wymagań i potrzeb,
- grupę wyrobów i materiałów powszechnie dostępnych w handlu.

Dla każdej grupy wyrobów i materiałów techniki wojskowej obowiązują odpowiednie procedury, dotyczące realizacji badań, zaopatrzenia, eksploatacji i likwidacji. Przed podjęciem decyzji o wytworzeniu lub zakupie wyrobu (materiału), dokonywana jest analiza kosztów wytworzenia lub zakupu oraz oczekiwanych kosztów eksploatacji i obsługi w całym procesie życia danego wyrobu (materiału).

Polskie Towarzystwo Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP w AMW

Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni od lat wspierała działalność Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Mechaników Polskich, a mając na uwadze potrzebę tworzenia warunków do rozwoju morskiej techniki wojskowej i wychodząc naprzeciw oczekiwaniom w dniu 23.01.2014 r. w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni, podpisana została umowa o współpracy AMW z Zarządem Głównym SIMP w Warszawie. Ze strony AMW umowę podpisał Rektor-Komendant – kontradmirał dr inż. Czesław Dyrzc natomiast w imieniu Zarządu Głównego SIMP umowę podpisali Wiceprezes Zarządu Głównego SIMP – Ryszard Wycichowski oraz Sekretarz Generalny Zarządu Głównego SIMP – Kazimierz Łasiewicki, który w imieniu ZG SIMP przyjął zobowiązanie do popularyzacji osiągnięć nauki i techniki, w tym morskiej myśli technicznej służącej obronności Rzeczypospolitej Polskiej.

Również w tym samym dniu tj. 23.01.2014 r. w Pracowni Broni Raketowej i Artylerii AMW odbyło się spotkanie inauguracyjne – założenia Oddziału Gdańskiego PTBNI DT SIMP. W imieniu PTBNI DT SIMP udział w spotkaniu wzięł ówczesny wiceprzewodniczący PTBNI DT SIMP – Bogdan Zając,

jak również Wiceprezes ZG SIMP – Ryszard Wycichowski oraz Sekretarz Generalny ZG SIMP – Kazimierz Łasiewicki (rys. 1).



Rys. 1. Podpisana umowa o współpracy AMW z ZG SIMP

Fig. 1. The signed agreement on cooperation AMW with ZG SIMP

Podczas spotkania zawiązującego oddział PTBNI DT SIMP w Gdańsku dokonano wyboru Przewodniczącego Oddziału PTBNI DT SIMP – kmdr por. Mirosława Chmielińskiego. Obecny na spotkaniu ówczesny Wiceprzewodniczący Zarządu PTBNI DT SIMP – mgr inż. Bogdan Zając w swoim wystąpieniu zwrócił uwagę na fakt, że PTBNI DT SIMP od tej pory będzie miało oparcie w tak znamienitej uczelni, jaką jest Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni.

Powstanie Oddziału w Gdańsku Polskiego Towarzystwa Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP – PTBNI DT SIMP, w tak ważnym gospodarczo regionie, jakim jest województwo pomorskie pozwoli na realizację już wcześniej zgłaszanych przez PTBNI DT SIMP postulatów. Korzystając z tej okazji dokonano też formalnego utworzenia koła studentów SIMP przy AMW. Po zakończeniu spotkania zaprezentowano bazę dydaktyczno-badawczą Instytutu Uzbrojenia Okrętowego i Informatyki AMW. Szczególną uwagę zwrócono na nowo powstałe Stanowisko szkolno-badawcze diagnostyki luf armat morskich wyposażone w urządzenia do oceny ich stanu technicznego za pomocą wideoskopu.

Natomiast w dniu 19.03.2014 r. w Pracowni Broni Raketowej i Artylerii Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni odbyło się zebranie sprawozdawczo-wyborcze Oddziału Gdańskiego Polskiego Towarzystwa Badań Nieniszczących i Diagnostyki Technicznej SIMP. Podczas tego spotkania członków

Oddziału Gdańskiego PTBNiDT SIMP dokonana została prezentacja zakresu działania firmy przez Prezesa Zarządu Koli Sp. z o.o. – Gł. Inżyniera d/s Jakości i Badań – Pana Marka K. Lipnickiego. Prezentacja ta pozwoliła na zapoznanie się wszystkich uczestników spotkania z dotychczasowym udziałem Pana Marka K. Lipnickiego w działalności w PTBNiDT SIMP. Zebrani jednogłośnie na Przewodniczącego Oddziału Gdańskiego PTBNiDT SIMP wybrali kol. Mirosława Franciszka Chmielińskiego, zaś na członków Zarządu Oddziału Gdańskiego PTBNiDT SIMP wybrano: kol. Marka K. Lipnickiego – na wiceprezesa, kol. Bogdana Pojawę – na sekretarza, kol. Wojciech Jurczaka – na członka zarządu oddziału i kol. Janusza Rolka – na członka zarządu oddziału w Gdańsku.

Podczas Bałtyckich Targów Militarnych Balt Military Expo 2014 (24-26 czerwca) Akademia Marynarki Wojennej otrzymała wyróżnienie Prezesa Polskiej Izby Producentów na Rzecz Obronności Kraju za endoskopowe stanowisko diagnostyki luf artyleryjskich. Natomiast referat napisany na ten temat został wybrany jako najbardziej nowatorski. Współautorami byli przedstawiciele AMW kmdr por. Mirosław Chmieliński i kmdr por. rez. Mirosław Gołyga oraz przedstawiciel Olympus Polska Szymon Kubisiak.

Endoskopowe stanowisko diagnostyki luf artyleryjskich było jednym z trzech stanowisk wystawianych w ramach stoiska Akademii Marynarki Wojennej. Diagnostyka ta pozwala na ocenę stanu technicznego lufy przy pomocy urządzenia endoskopowego. Obsługiwane średnice (kalibry) to: 23, 30, 35, 57, 76 i 76,2 mm. Na stanowisku można również wykonać czyszczenie przewodu lufy oraz komory naboju. Badania można rejestrować, archiwizować oraz wizualizować.

Działalność Sekcji Techniki Uzbrojenia przy ZG SIMP

Sekcja Techniki Uzbrojenia SIMP działająca przy Zarządzie Głównym SIMP w Warszawie liczy obecnie około 90 członków. Prezesem jest prof. dr hab. inż. Jan Figurski, wiceprezesem dr inż. Zbigniew Zaborowski, zaś sekretarzem dr inż. Michał Hilczer. Członkowie Sekcji Uzbrojenia SIMP pracują w kołach SIMP przy:

- Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia w Zielonce,
- Wojskowej Akademii Technicznej – Wydziale Mechanicznym,
- Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni,
- Politechnice Warszawskiej – dawny Wydział Technologiczny,
- Zakładach Mechanicznych „ŁUCZNIK” – Radom
- Zakładach HSW – Stalowa Wola,
- Zakładach Mechanicznych – Tarnów,

- Akademii Obrony Narodowej,
- Wyższych Szkołach Oficerskich we Wrocławiu i Dęblinie.

Z szeregów Sekcji Techniki Uzbrojenia SIMP wyrosła m.in. firma WB Electronics, która podjęła produkcję bezzałogowych statków latających (UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*). Sekcja Techniki Uzbrojenia SIMP posiada też swoich przedstawicieli w różnych instytucjach, z którymi utrzymywane są ściśle kontakty organizacyjne i badawcze, a są to:

- WITU – dr inż. Michał Hilczer,
- WAT – dr inż. Ryszard Woźniak,
- AMW – dr hab. inż. Jan Kobierski i kmdr por. mgr inż. Mirosław Chmieliński,
- Politechnika Warszawska - prof. dr hab. inż. Zbigniew Niża, prof. dr hab. inż. Maciej Bossak,
- HSW Stalowa Wola S.A. – dyr. Antoni Rusinek,
- Łuczniczka Radom – mgr inż. Andrzej Jęczmyk,
- Mesko S.A. – dyr. Waldemar Skowron,
- ZM Tarnów – dyr. Tadeusz Świątek,
- AON – prof. dr hab. inż. Piotr Sienkiewicz.

Sekcja Techniki Uzbrojenia SIMP skupia swoją aktywność na doskonaleniu działalności dydaktycznej oraz opracowaniach i wdrażaniu programów uzbrojenia. Drugi obszar naszej działalności – to dydaktyka, tzn. kształcenie specjalistów uzbrojenia i jego zabezpieczenia logistycznego. Sekcja Techniki Uzbrojenia SIMP spełnia założenia statutowe, nie skupia się na drobiazgach, ale kontynuuje rozwiązania programowo-wdrożeniowe. Przykładowo: opracowana przez Wydział Mechaniczny WAT nowoczesna metoda wydobywania gazu łupkowego czeka na zastosowanie w praktyce, a szkolenie i leczenie na odległość – to nowa forma nowoczesnej edukacji i leczenia, bez kontaktu bezpośredniego z nauczycielem czy lekarzem.

Nieniszczące badania i pomiary

Działalność w ramach SIMP i PTBNiDT SIMP pozwoliła nawiązać kontakty w środowisku diagnostyki technicznej, między innymi z firmą Olympus Polska Sp. z o.o. oraz firmą Koli Sp. z o.o. z Gdańska, która zajmuje się zagadnieniami pomiarów i badań nieniszczących prowadzonych głównie metodami: wizualną (VT), penetracyjną (PT), magnetyczno-proszkową (MT) – technikami konwencjonalnymi i z zastosowaniem specjalnych, dedykowanych cewek i quasi skanerów), ultradźwiękową (UT) - technikami konwencjonalnymi i techniką Phased Array z dedykowanymi skanerami i/lub głowicami PA. Laboratorium NDT Koli, posiadając wdrożony system zarządzania jakością wg PN-EN ISO/IEC 17025 oraz uznania instytucji krajowych i zagranicznych, wykonuje:

- pomiary i badania nieniszczące,
- inspekcje i nadzory produkcji lub remontów konstrukcji metalowych w imieniu klienta,

- audytowanie laboratoriów NDT dla potrzeb klientów zewnętrznych,
- doradztwo w zakresie zasadności określonych metod nieniszczących, ich poziomów akceptacji i wymagań,
- opracowanie procedur badawczych oraz systemowych wg wymagań PN-EN ISO/IEC17025,
- szkolenie i egzaminowanie inspektorów i operatorów pomiarów i badań nieniszczących (VT, MT, UT, UTT w krajowym systemie UDT-CERT).

Programy szkoleń standardowych są zatwierdzone przez UDT-CERT, a ośrodek wyposażony jest w nowoczesną aparaturę badawczą, próbki wzorcowe, próbki odniesienia, próbki z wadami naturalnymi i sztucznymi oraz inne pomoce, normy i materiały audiowizualne. W zakresie zastosowań i ograniczeń metod nieniszczących proponowane są kilkudniowe kurso-seminaria spełniające potrzeby grup zawodowych z danej branży, mogą to być szkolenia dla technologów, konstruktorów, inżynierów i inspektorów nadzoru (zasady fizyczne, zastosowania i ograniczenia poszczególnych metod nieniszczących, standardy i procedury ich stosowania, elementy i sposoby nadzoru). Takie dedykowane szkolenia zorganizowano dla inspektorów towarzystw klasyfikacyjnych (ABS, BV, DNV, GL, PRS i inne) w roku 2012:

- sprawdzanie negatoskopów przemysłowych na zgodność z wymaganiami PN-EN25580,
- serwis oferowanej aparatury i wyposażenia do pomiarów i badań NDT,
- projektowanie i produkcję oprzyrządowania i wyposażenia do badań NDT wg. własnych doświadczeń i opracowań.

Podstawowe cechy NDT wyrobów techniki wojskowej

Badania nieniszczące (*Non-Destructive Testing* – NDT) jest to rodzaj oceny stanu np. techniki wojskowej, niewpływający w istotny sposób na jego własności strukturalne i powierzchniowe [7]. Badania nieniszczące to badania, umożliwiające uzyskanie informacji o stanie fizycznym, wadach i własnościach badanego wyrobu obronnego (materiału, wyrobu, konstrukcji) bez spowodowania zmiany jego cech użytkowych. Badania mające na celu wykrycie wad typu nieciągłości materiału są nazywane badaniami defektoskopowymi [8]. Badania NDT są to nieinwazyjne techniki w celu ustalenia integralności materiału, konstrukcji lub części lub pozwalają mierzyć pewne cechy obiektu. W przeciwieństwie do badań niszczących, gdzie następuje zniszczenie badanego obiektu zwykle czyni te badania nieniszczące bardziej kosztowne i to jest również nieodpowiednie w wielu okolicznościach.

Właściwe i odpowiednie szkolenia i certyfikacji personelu badań nieniszczących jest zatem koniecznością, aby upewnić się, że możliwości techniki są w pełni wykorzystywane. Istnieje wiele opublikowanych

standardów międzynarodowych i regionalnych, obejmujących certyfikację kompetencji personelu.

Jedną z technik badań nieniszczących są badania wizualne (*Visual Testing* – VT). Badania wizualne to czynność umiejscowienia i oceny powierzchniowych cech jakości obiektu, takich jak: nieciągłości, zniekształcenia, ogólny stan powierzchni ludzkim nieuzbrojonym okiem lub przy użyciu przyrządów optycznych, optoelektronicznych, pomiarowych, itp. Pełen cykl badań wizualnych składa się z zapoznania się z obiektem badanym oraz wymaganiami jakościowymi, przygotowania powierzchni do badań, doboru odpowiedniej metody/aparatury, sprawdzenia wyposażenia badawczego, przeprowadzenia badania oraz sporządzenia raportu. Duży zakres stosowalności techniki często niesie za sobą konieczność stosowania dodatkowego oprzyrządowania.

W Marynarce Wojennej RP badania endoskopowe wykonywane są od wielu lat w ramach corocznych badań diagnostycznych okrętowych silników spalinyowych. Badania te wykonywane są przez Zespół Diagnostyczny Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Okrętów WME AMW [5]. Celem badań jest głównie ocena stanu powierzchni (np.: zmiany korozyjne czy erozyjne, pęknięcia), kontrola odchyłek kształtu, połączeń, zwłaszcza spawanych, wreszcie kontroli obiektu po jego naprawie.

Charakterystyka oraz warunki badań wizualnych luf armat morskich w AMW

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

W Pracowni Broni Rakietowej i Artylerii Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni pod koniec 2013 r. uruchomiono stanowisko szkolno-badawcze przeznaczone do prowadzenia badań nieniszczących luf armat morskich metodą wizualną za pomocą endoskopowego badania powierzchni wewnętrznych luf.

Stanowisko szkolno-badawcze do badań luf armat morskich, wyposażone zostało w urządzenie diagno-

styczne do oceny ich stanu technicznego za pomocą wideoskopu oraz urządzenie przeznaczone do czyszczenia przewodu lufy oraz komory naboju, jak również narzędzia i materiały do obsługi automatów artyleryjskich oraz urządzenia do rejestracji, archiwizacji i wizualizacji badań luf armat morskich.

Zastosowane rozwiązanie umożliwia nagrywanie obrazów widocznych podczas badań przewodów luf armat morskich oraz ich rejestrowanie. Urządzenie do sprawdzenia stanu technicznego i stopnia zużycia umożliwia dokonanie sprawdzenia powierzchni wewnętrznej lufy o średnicy (kalibrze): 23, 30, 35, 57, 76 i 76,2 mm, a spełnia następujące funkcje, wymagania i możliwości:

- badania wnętrza lufy z określeniem lokalizacji oraz wielkości wady,
- analizowanie, dokumentowanie i archiwizowanie defektów lufy,
- bezpieczne przenoszenie i przewożenie przyrządu (umieszczenie przyrządu i jego elementów w pojemniku transportowym),
- obraz „na żywo” przedstawiony na monitorze pozwala na dokładny widok ścian lufy wewnątrz, umożliwiając szybką diagnozę wstępną,
- urządzenie umożliwia pełny podgląd uszkodzeń,
- umożliwia pomiar interaktywny z powłoką wielokrotną i funkcjami adnotacyjnymi, (skala, tekst, data, itp.),
- umożliwia zapisywanie i archiwizowanie wyników pomiarów,
- umożliwia porównywanie obrazów archiwalnych i „na żywo”.

Dodatkowo w zestaw stanowiska badawczego do endoskopowej diagnostyki luf armatnich wchodzi analizator pomiarowy – zestaw komputerowy z oprogramowaniem do pomiarów i obróbki obrazów, z możliwością zarządzania wydrukiem protokołów i raportów oraz przesyłania wyników do urzędzeń komunikacyjnych w trybie on-line poprzez USB i urządzenie do wizualizacji wyników pomiarów. Podczas badania ocenie podlegają w szczególności:

- pęknięcia, rysy oraz ubytki materiału;
- intensywność procesów zanieczyszczenia i zużycia

przewodu lufy;

- lokalne ogniwa korozji oraz erozji powierzchniowej lufy.

Badanie pozwalają na szybkie i dokładne ustalenie przydatności luf armat morskich do eksploatacji. Badania nieniszczące luf armat morskich wykonywane są w celu określenia aktualnego ich stanu technicznego lub wykrycia przyczyn zużycia lub uszkodzenia luf, jak również w celu wyeliminowania przyczyn niesprawności, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji luf armat morskich. Na potrzeby niniejszego referatu do badań zastosowano wideoskop iPLEX RX (rys. 2).

Aparatura zastosowana podczas badań luf armat morskich przeprowadzonych w Pracowni Broni Rakietowej i Artylerii AMW (PBRiA AMW) posiada niewielką masę i zasilanie akumulatorowe. Kompletny system, łącznie z akcesoriami i walizką, można przenosić na kolejne miejsca pracy, w prawie każdym trudnych warunkach.

Natomiast przeprowadzenie badań „diagnostyki endoskopowej luf armat morskich” mogą wykonać:

- osoby posiadający wykształcenie techniczne oraz doświadczenie w pracy zawodowej min. 3 lata z uzbrojeniem;
- żołnierze zawodowi lub rezerwy, którzy przeszli szkolenia w zakresie bezpiecznego posługiwania się uzbrojeniem artyleryjskim zgodnie z przepisami i regulaminami;
- posiadający doświadczenie w prowadzeniu badań endoskopowych;
- posiadający wiedzę z zakresu badań diagnostycznych uzbrojenia;
- zostały zapoznane z warunkami bezpieczeństwa wykonywania badania oraz odpowiedzialnością prawną.

Zastosowane badanie powinno być poprzedzone właściwym przygotowaniem powierzchni wewnętrznej luf armat morskich do badań, które polega na usunięciu zanieczyszczeń, smarów, produktów korozji, itp. w taki sposób, aby nie została naruszona pierwotna postać tej powierzchni lub przynajmniej nie zostały zamaskowane (zakryte) takie wady powierzchniowe, które powinny być wykryte w czasie badań.



Rys. 2. Wideoskop iPLEX RX podczas badań endoskopowych w PBRiA AMW
Fig. 2. Iplex Wideoendoskop RX during endoscopy in PBRiA AMW

W celu potwierdzenia przydatności stanowiska do szybkiej diagnostyki i ustalenia przydatności uzbrojenia i sprzętu wojskowego do dalszej eksploatacji – wykonywanej podczas jego obsługi – dokonano badań 23 mm morskiej armaty ZU-23-2MR, do badań luf armat morskich zastosowano w urządzenie diagnostyczne do oceny ich stanu technicznego za pomocą wideoskopu iPLEX RX (rys. 3.).



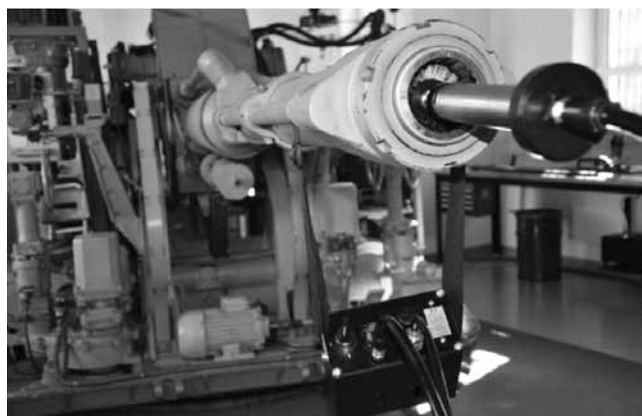
Rys. 3. Wideoskop iPLEX RX podczas badań luf armat morskich w PBRiA
Fig. 3. iPLEX RX during the testing of marine cannon barrels in PBRiA

Podstawą wykonania badań wizualnych – endoskopowych jest właściwe przygotowanie powierzchni wewnętrznej luf armat morskich. Przygotowanie polega na usunięciu zanieczyszczeń, smarów, produktów korozji itp. w taki sposób, aby nie została naruszona pierwotna postać tej powierzchni lub przynajmniej nie zostały zamaskowane (zakryte) takie wady powierzchniowe, które powinny być wykryte w czasie badań. W zestaw stanowiska badawczego wchodzi urządzenie wykonujące wiele z wymaganych czynności w sposób automatyczny.

Urządzenie do czyszczenia przewodu luf (rys. 4.) zapewnia:

- automatyczną pracę głowicy/szczotki czyszczącej w trybie wibracji wspomagających czyszczenie, możliwość czyszczenia lufy kalibru: 23, 30, 35, 57, 76, 76,2 mm na długości min. 1400 mm max 4500 mm;
- zasilanie elektryczne 24/230 VDC;
- urządzenie zawiera zbiornik do aplikacji środków chemicznych wspomagających czyszczenie (w szczególności usuwających zamieciowanie);

- możliwość czyszczenia luf w warunkach laboratoryjnych i na okręcie w zakresie temperatury powietrza od -20°C do +55°C.



Rys. 4. Urządzenie do czyszczenia przewodu lufy i komory naboju
Fig. 4. Device for cleaning the barrel and the chamber

Firma Olympus jest liderem na rynku endoskopów przemysłowych, a wprowadzając na rynek endoskop iPLEX LX i LT, ustaliła nowy standard dla małych, lekkich wideoskopów. Wideoskopy firmy Olympus są systemami spełniającymi wymagania inspekcji najbardziej nowoczesnymi i wszechstronnymi systemami kontroli, odpowiednimi dla szerokiego zakresu wymagań inspekcyjnych w środowisku przemysłowym. Natomiast najnowszy wideoskop przemysłowy iPLEX RX/ iPLEX RT jest wideoskopem uniwersalnym, kompaktowym, o wytrzymałej obudowie, łatwym w obsłudze oraz o dobrej funkcjonalności z wbudowanym uchwytem do noszenia, jak również posiada możliwość rozbudowy.

Wideoskop przemysłowy iPLEX RX/ iPLEX RT gwarantuje niezrównaną jakość obrazu oraz przyjazną dla użytkownika przenośną konstrukcję. Wideoskopy idealnie nadają się do użytku przez inspektorów, gdyż gwarantują niezawodną i precyzyjną kontrolę, dzięki wysokiej jakości obrazu (bardzo jasny i ostry obraz dzięki procesorowi obrazu PulsarPic™, który redukuje szumy i wyostża obraz, zapewniając mu wyjątkowo wysoką rozdzielczość), wysokiej jakości rejestracja zdjęć i nagrań filmowych. Wideoskopy iPLEX RX i RT wiernie i wyraźnie odtwarzają drobne wady, a ostre obrazy umożliwiają precyzyjną i niezawodną kontrolę (rys. 5).



Rys. 5. Rejestracja wideo diagnostyki 23mm lufy ZU-23-2MR wideoskopem iPLEX RX

Fig. 5. Video recording during the evaluation of the barrel 23 mm ZU-23-2MR with iPLEX RX

Wideoskop iPLEX RX i RT posiada nowy system oświetlenia LED, w przybliżeniu dwa razy jaśniejszy niż w tradycyjnych wideoskopach, który dynamicznie dostosowuje strumień świetlny, ograniczając powstawanie aureoli wokół kontrolowanych powierzchni metalowych lub odbijających światło. Wideoskop iPLEX RX posiada też funkcję wyświetlania dokumentów w formacie PDF. Zamiast oglądać osobno drukowaną instrukcję prowadzenia inspekcji i obraz kontrolowanego obiektu można je jednocześnie zobaczyć na monitorze iPLEX RX. Ta unikalna funkcja zwiększa szybkość i skuteczność kontroli.

Monitor iPLEX RX wyświetla obraz podczas kontroli, który można zapisywać na przenośnym dysku USB w formacie JPEG lub jako filmy w formacie MPEG-4. Lepsza jakość zarejestrowanych obrazów i filmów umożliwia precyzyjną ich diagnozę, nie tylko w terenie, ale i w biurze, dzięki bezpłatnemu oprogramowaniu do zarządzania obrazami InHelp. Wideoskop iPLEX RX posiada również unikalną funkcję przetwarzania obrazu, WiDERTM, która rozjaśnia najciemniejsze miejsca obrazu nie rozmywając detali w miejscach jaśniejszych. Innowacyjna technologia umożliwia optymalne kontrole dużych obszarów lub miejsc mocno odbijających światło. Ponadto wideoskop iPLEX RX posiada funkcje ustawiania ostrości i koloru, które umożliwiają tworzenie

optymalnych obrazów każdego przedmiotu w każdych okolicznościach.

Wideoskopy iPLEX RX i RT ważą zaledwie 2,9 kg z akumulatorem litowo-jonowym. Kompaktowa, przenośna konstrukcja ułatwia transport lub wysyłkę wideoskopu na miejsce kontroli, a także ich przenoszenie do trudno dostępnych miejsc. Uniwersalna konstrukcja wideoskopów iPLEX RX i RT sprawia, że ich użytkowanie jest wygodne. Obrotowy uchwyt monitora można zmienić w statyw podczas kontroli. Umożliwia on umieszczenie wideoskopu w dowolnej pozycji, pod optymalnym kątem i w optymalnej odległości. Wyjście wideo w modelach iPLEX RX i RT umożliwia kontrole grupowe lub zdalne po podłączeniu monitora zewnętrznego.

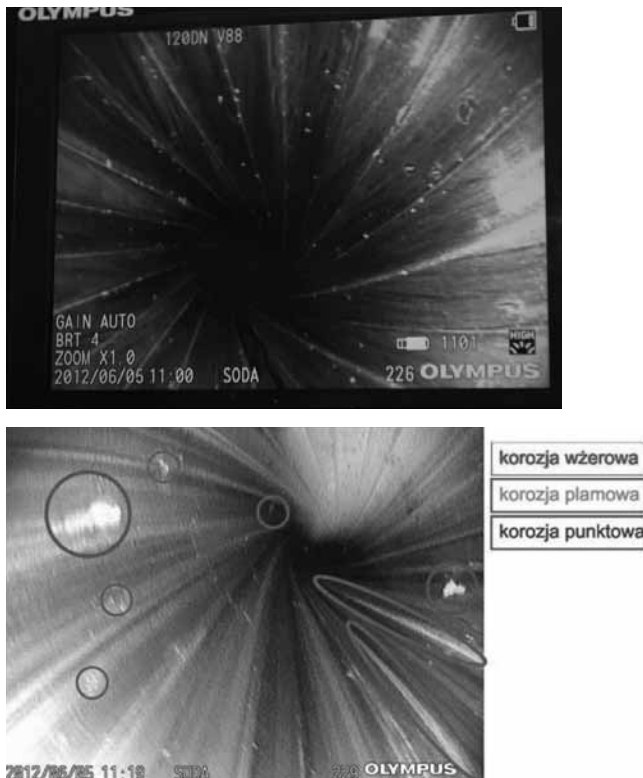
Wideoskopy można nosić na pasku na ramieniu lub umieścić na statywie. Najczęściej stosowane funkcje, jak wygięcie sondy, regulacja obrazu czy rejestracja są łatwo dostępne za pomocą przycisków szybkiego dostępu umieszczonych na lekkim dźwojstiku. Ustawienia menu modeli iPLEX RX i RT zostały uproszczone, ułatwiając obsługę tych urządzeń. Każde menu w wideoskopach iPLEX RX i RT są opatrzone czytelnymi ikonami. Inspektor może rozpoznać je intuicyjnie i skutecznie używać żądanych ustawień lub funkcji. Dźwojstik z przyciskami szybkiego dostępu, które umożliwiają wykonanie 14 działań za pomocą jednego naciśnięcia przycisku.

Wideoskopy iPLEX RX i RT spełniają wymagania międzynarodowych norm wojskowych (MIL-STD 810F/G i MIL-STD 461F)* oraz standard IP55 i przeszły szereg wymagających testów środowiskowych, sprawdzając się przy pracy w zacinającym deszczu/pylu, w wysokiej wilgotności otoczenia i zamarzającym deszczu. Przeciwoodblaskowy monitor z funkcją *Daylight View* wyświetla ostry obraz nawet przy bezpośrednim nasłonecznieniu. Wytrzymała konstrukcja, spełniająca normy wojskowe, wytrzymałe trudne warunki pracy i zapewnia niezawodne działanie w wymagającym środowisku.

Operatorzy często muszą kontrolować miejsca umieszczone w wąskich szczelinach, o ostrych lub poszarpanych krawędziach. Sonda wideoskopów iPLEX RX i RT jest odporna na ścieranie i zgniatanie oraz jest pokryta specjalnym wytrzymałym opłotem wolframowym. Poza tym jest odporna na działanie wysokich temperatur do 100 °C. Czujnik wysokiej temperatury sygnalizuje dźwiękiem i wyświetla ostrzeżenia informując o możliwości przegrzania. Jest też możliwy pomiar głębokości z użyciem funkcji pomiaru stereo wideoskopem iPLEX RX.

Analiza stanu wnętrza lufy badanej armaty wskazuje na występowanie licznych ognisk korozji. Są to defekty wskazujące na utlenianie się wewnętrznej powierzchni lufy, zwłaszcza w miejscach, w których wystąpiły uszkodzenia mechaniczne podczas eksploatacji bojowej. W analizowanym przykładzie zlokalizowano i rozpoznano co najmniej trzy ogniska korozji, charakteryzujące różne stany degradacji powierzchni

wewnętrznej lufy, tj. korozję punktową, plamową i wżerową (rys. 6).



Rys. 6. Analiza stanu wnętrza lufy armaty ZU-23-2MR
Fig. 6. Analysis of condition the interior of the cannon barrel ZU-23-2MR

Lufy armat morskich pracują w warunkach określanych jako środowisko gazowe (żrące) oraz w warunkach gwałtownych zmian ciśnienia i temperatury.

Stąd, występujące naprężenia i zmęczenie techniczne materiału prowadzą utleniania się powierzchni,

a następnie pęknięcia i luszczenia się warstw skorodowanych.

W konsekwencji prowadzi to do powstawania uszkodzeń mechanicznych i strukturalnych wewnętrznej powierzchni lufy.

W warunkach codziennej eksploatacji armat morskich dominującym zjawiskiem jest wilgoć – powietrze o dużej zawartości wody i soli. Dlatego też, uszkodzenia powierzchni metali (luf) prowadzą do ich nieodwracalnej degradacji co skutkuje tym, że nawet przy właściwej eksploatacji i stosowaniu zalecanych środków konserwacji – powstawanie ognisk rdzy będzie się nasilało wraz ze wzrostem czasu eksploatacji, a taka nieinwazyjna metoda diagnostyki luf artyleryjskich może pozwolić na szybkie i dokładne określenie aktualnego stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej – bez jego demontażu.

Odporne na zgniecenia sondy wideoskopów posiadają opłot zewnętrzny ze wzmocnionego wolframu, zapewniający odporność na ścieranie. Wytrzymałość sondy oraz jej elastyczność pozwala na inspekcje nawet w trudnych warunkach i niebezpiecznym otoczeniu występujących na okrętach Marynarki Wojennej RP.

Zastosowana aparatura i nieinwazyjna metoda diagnostyczna luf artyleryjskich, może pozwolić na szybkie i dokładne ustalenie przydatności uzbrojenia i sprzętu wojskowego do dalszej eksploatacji. Szczególnie dużą przydatność należy przewidywać w miejscach trudno dostępnych, np. w przypadku, gdy demontaż elementu techniki wojskowej jest utrudniony i czasochłonny.

Badania nieniszczące można wykonać w celu określenia aktualnego stanu technicznego lub wykrycia przyczyn awarii lub uszkodzenia sprzętu, jak również w celu wyeliminowania tych przyczyn, dla zapewnienia bezpiecznej eksploatacji uzbrojenia.

Podsumowanie

Podczas opracowywania prognoz diagnostycznych techniki wojskowej należy uwzględnić dane o prawidłowości rozwoju procesów kontrolowanych i ich uwarunkowaniach rozwojowych, a także możliwych, dodatkowych czynnikach wpływających na ich przebieg. Wybór metody poszukiwania wad, powinien nastąpić po wcześniejszym ustaleniu, przyczyn wystąpienia niesprawności lub uszkodzenia wyrobów obronnych – uzbrojenia artyleryjskiego i jakiego typu to mogą być defekty.

Zastosowanie optymalnych, nowoczesnych metod i technik badawczych w procesie eksploatacji wyrobów techniki obronnej, nie zastępuje diagnostycznego myślenia, lecz przeciwnie, zwiększa wymagania, wymuszając dodatkowe złożone analizy, związane z oceną możliwości ich użycia.

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

Badania endoskopowe pozwalają na szybką i wnikliwą ocenę stanu technicznego wyrobów techniki wojskowej bez konieczności częściowego

demontażu ww. sprzętu. Zastosowanie badań endoskopowych luf armat morskich pozwala na szybką i wnikliwszą ocenę stanu technicznego bez konieczności częściowego demontażu w/w sprzętu. W tego typu badaniach wymagana jest odpowiednia wiedza inżynierska, jak też doświadczenie w praktycznym stosowaniu wielu metod NDT. Często zdarzają się sytuacje, że badanie jedną metodą/techniką nie daje

jednoznacznej odpowiedzi, albo uzyskana ilość informacji jest niewystarczająca, ze względu na znane ograniczenia każdej metody badań nieniszczących.

Badania diagnostyczne wyrobów techniki wojskowej stanowią istotną pozycję w obszarze bezpieczeństwa eksploatacji. Wskazane zagadnienia zastosowania tej metody NDT dotyczą zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji wyrobów techniki wojskowej.

Literatura

- [1] Chmieliński M., Jurczak W., Kubisiak Sz., Lipnicki M., Pojawa B.: Laboratoria badawcze NDT w procesie zapewnienia bezpieczeństwa wyrobów techniki wojskowej. VIII Międzynarodowa Konferencja „Laboratoria badawcze, systemy jakości w Unii Europejskiej”, Łagów/Brandenburgia 11-14 czerwca 2014 r.
- [2] Chmieliński M., Gołyga M., Kubisiak Sz.: Diagnostyka stanu technicznego luf artyleryjskich przy wykorzystaniu wideoskopów VI Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Technologie morskie dla obronności i bezpieczeństwa” Gdańsk 24-26 czerwca 2014 r.
- [3] Chmieliński M., Hoppe J., Milewski S.: Możliwości wykorzystania nowoczesnego sprzętu diagnostycznego w procesie obsługi uzbrojenia okrętowego. Materiały I Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej IBM AMW i OBR CTM „Technika i uzbrojenie morskie” NATCon 2007, Gdynia 24-26.10.2007.
- [4] Chmieliński M., Tamberg S.: Wybrane aspekty konstrukcji luf armat okrętowych, Materiały VI Sympozjum Broni Morskich nt.: Uzbrojenie w działaniach na morzu. Gdynia AMW 2005.
- [5] Chmieliński M., Milewski S., Pojawa B.: Nowoczesne metody badań diagnostycznych uzbrojenia okrętowego i sprzętu wojskowego. Zeszyty Naukowe AMW 172B. Publikacje z zakresu „Kierowania ogniem systemów obrony powietrznej przeciwlotniczej”, Gdynia 2008r.
- [6] Chmieliński M., Kobus Ł.: Wybrane badania diagnostyczne uzbrojenia i sprzętu wojskowego za pomocą przyrządów endoskopowych, Nr 2 (168) Zeszyty Naukowe WSO Wrocław 2013.
- [7] Praca zbiorowa pod redakcją Lipnicki M.: Badania metodami nieniszczącymi, Poradnik dla inspektorów, PRS/Koli, Gdańsk 1991.
- [8] PN-EN 1330-2 Badania nieniszczące – Terminologia – Terminy wspólne dla badań nieniszczących.
- [9] Poddubny W.: Korozja broni i amunicji. Warszawa 1961.
- [10] NO-06-A011:2003 Fazy procesu życia techniki wojskowej. Military engineering products lifecycle stages. Decyzja Nr 29/MON z dnia 10 lutego 2003 r. (Dz. Urz. MON z 2003 r. Nr 2, poz. 13).
- [11] NO-10-A009:2005 Broń artyleryjska — Rodzaje i podstawowe cechy — Terminologia.
- [12] Poddubny W.: Korozja broni i amunicji. Warszawa 1961.
- [13] <http://www.olympus-ims.com/pl>

przegląd SPAWALNICTWA

Welding Technology Review