

Bartłomiej PŁONKA,

Krzysztof REMSAK

Marek RAJDA

BADANIA BALISTYCZNE DEMONSTRATORÓW OPANCERZENIA DODATKOWEGO

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodykę i badania kuloodporności pancerzy dodatkowych. Pancerze zaprojektowano i wykonano wspólnie przez Instytut Metali Nieżelaznych, Oddział Metali Lekkich (IMN OML) i firmę LUBAWA S.A. Pancerze dodatkowe zbudowane były z materiałów wielowarstwowych zawierających ceramikę specjalną i metale lekkie. Zaprezentowano sposób tworzenia demonstratorów pancerzy dodatkowych dla pancerza podstawowego ze stali pancernej Armstal grubości 6 mm, 8 mm i 10 mm. Zamieszczono opis i możliwości zastosowania demonstratora obiektu zaprojektowanego i wykonanego przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” sp. z o.o. Demonstratory pancerzy, jak i obiektu zostały tak zaplanowane, aby można było prowadzić badania zgodnie z normą STANAG 4569 i AEP 55. Przeprowadzone badania ostrzałem demonstratorów pancerzy wykazały spełnienie warunków normy dla 8 z 9 badanych. Uzyskane wyniki badań potwierdziły przydatność demonstratora obiektu do prowadzenia testów w szerokim zakresie zgodnie z normą.

Słowa kluczowe: pancerze pasywne, kuloodporność, badania balistyczne.

1. WSTĘP

Badania naukowe oraz prace rozwojowe nad nowymi generacjami dodatkowych osłon balistycznych przed rażeniem pociskami przeciwpancernymi kalibru do 14,5 mm skierowane są głównie na zastosowanie ich w pojazdach wojskowych (osobowych i ciężarowych), opancerzonych transporterach kołowych, platformach gąsienicowych, śmigłowcach bojowych, łodziach patrolowych itp. Istotnym elementem tych działań jest uzyskanie pancerzy o możliwie najmniejszej masie oraz grubości. Jest to ważne z punktu widzenia zwiększenia zasięgu działania, zużycia paliwa, udźwigu uzbrojenia i amunicji przez chroniony środek transportu. Szczególnie ważne są kryterium masy $1m^2$ i grubości osłon w przypadku stosowania ich na lekkich pojazdach lub w śmigłowcach bojowych. Dla wszelkiego rodzaju pojazdów lądowych standardem staje się obecnie wymóg stosowania pancerzy odpornych na pociski przeciwpancerne kalibru 14,5 mm.

Na świecie w wielowarstwowych lekkich osłonach balistycznych stosuje się materiały ceramiczne, tworzywa sztuczne, żywice epoksydowe zbrojone włóknami. Główną ich warstwą, decydującą o zdolności ochronnej osłony, jest ceramika [1]. Rodzaj i grubość zastosowanej ceramiki decyduje w dużej mierze o masie całego pancerza [2]. Niebagatelne znaczenie ma również kształt zastosowanej ceramiki, może ona występować w postaci: monolitycznych lub gradientowych płytek prostopadłościennych małowagarytowych lub

wielkogabarytowych ułożonych jednowarstwowo lub wielowarstwowo, kulek lub walców ułożonych jednowarstwowo lub wielowarstwowo, stożków i innych kształtów [2, 3]. Dlatego też nieustannie poszukuje się nowych, lżejszych materiałów pozwalających na zmniejszenie grubości ceramiki co może pozwolić ograniczyć masę osłon balistycznych. Takimi materiałami mogącymi mieć zastosowanie w pancerzach wielowarstwowym mogą być np. wysokowytrzymałe stopy metali lekkich, nad którymi pracuje Instytut Metali Nieżelaznych [4, 5].

Pancerze dodatkowe muszą uwzględniać istniejącą konstrukcję obiektu, na którym mają zostać zamontowane co stwarza problemy techniczne dla systemu mocowania. Należy zaznaczyć, że np. energia kinetyczna dla pocisku AP kalibru 14,5 mm wynosi około 31 kJ przy prędkości początkowej pocisku 1000 m/s, czyli jest ona około dziesięciokrotnie większa niż pocisku B-32 kalibru 7,62 mm, co powoduje po trafieniu deformację pancerza i może naruszyć konstrukcję kadłuba. Z tego względu rozwiązania konstrukcyjne mocowania elementów pancerzy dodatkowych należą do jednych z zasadniczych problemów jakie należy rozwiązać. Zastosowanie osłon balistycznych odpornych na rażenie pociskami przeciwpancernymi większych kalibrów powoduje konieczność modyfikacji i wzmacniania systemów ich mocowania. Dlatego odpowiednie opracowanie systemu mocowania modularnego opancerzenia staje się drugim prawie równorzędnym zagadnieniem w stosunku do opracowania samej konstrukcji i budowy pancerza. Opracowany układ opancerzenia dodatkowego wraz z dedykowanym systemem mocowania należy w końcowym etapie przetestować w warunkach operacyjnych, możliwie zbliżonych do rzeczywistych. Jeżeli nie ma wytypowanego konkretnego zastosowania dla powstałego rozwiązania, należy stworzyć możliwości badania demonstratorów, poprzez zaprojektowanie stanowiska i opracowanie procedur, w taki sposób, aby spełnić wymagania przedmiotowych norm [6, 7].

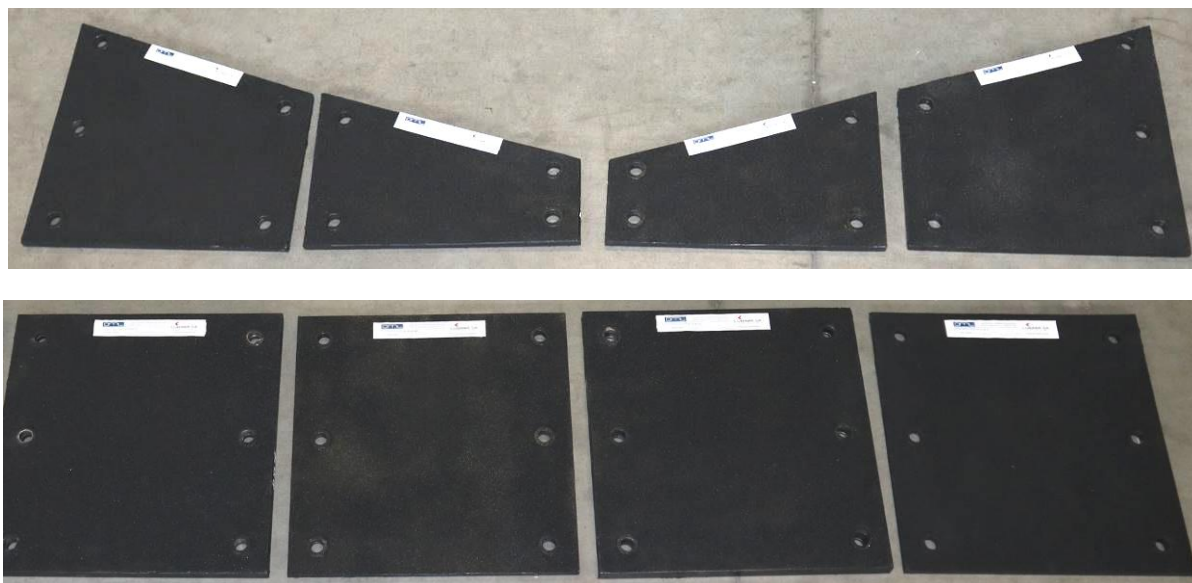
Celem prac było opracowanie koncepcji i wykonanie systemu dodatkowego modularnego opancerzenia, składającego się zarówno z osłon balistycznych, jak również elementów ich mocowania w konfiguracji umożliwiającej szybki demontaż, wymianę bądź serwis. System o odporności balistycznej na poziomie II, III i IV według STANAG 4569 miał być przeznaczony do zabudowy na transporterach opancerzonych i platformach gaśnicowych. Projekt zakładał wykonanie demonstratora technologii i przebadanie jego odporności na ostrzał w warunkach poligonowych. W prezentowanej pracy przedstawiono sposób przygotowania i przeprowadzenia badań kuloodporności, zgodnie z normą STANAG 4569, demonstratora technologii.

2. MATERIAŁY I METODOLOGIA BADAŃ

Pancerze dodatkowe, wielowarstwowe wytwarzane były w technologii polegającej na łączeniu ze sobą różnych materiałów gdzie dany materiał tworzy jedną z warstw. Łączenie materiałów realizowane było za pomocą klejów termo lub chemoutwardzalnych, żywic epoksydowych, elastomerów. Niektóre warstwy tych materiałów wielowarstwowym nakładane były technikami laminowania lub nasączenia. Technologia taką wytworzono materiały wielowarstwowe zwane z ang. „sandwich”. Do wytworzenia pancerzy wykorzystano takie materiały jak: ceramika specjalna na bazie Al_2O_3 i SiC, tworzywa sztuczne, tkaniny z włókna szklanego lub aramidowego, metale lekkie, żywice, elastomery.

W wytworzonych materiałach każda warstwa spełnia swoją ściśle określoną rolę w zatrzymaniu pocisku przeciwpancernego i pochłonięciu jego energii kinetycznej. Odpowiedni dobór kolejności warstw, ich grubości i technologii łączenia decyduje o tym jaką odporność balistyczną uzyskuje materiał wielowarstwowy, a zatem również cały pancerz. Materiały wielowarstwowe przy zastosowaniu zaawansowanych technicznie materiałów i technologii ich wytwarzania stwarzają możliwości łatwego konfigurowania ich struktury pod kątem zakładanej odporności balistycznej. Jednym słowem, aby podnieść lub obniżyć odporność balistyczną danego materiału wielowarstwowego należy albo zmienić konfigurację materiałów, albo tylko zmienić grubość odpowiednich warstw. Daje to możliwość łatwego dopasowania odpowiedniego wariantu materiału wielowarstwowego do pożądanego poziomu odporności balistycznej przy zachowaniu optymalnych parametrów pancerza czyli minimalnej jego grubości i masy $1m^2$.

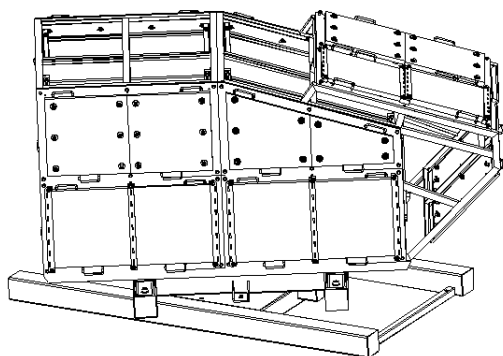
Moduły opancerzenia (rys. 1), wykonane zostały w firmie LUBAWA S.A. we współpracy z Instytutem Metali Nieżelaznych według wspólnie opracowanej technologii [8]. Wykonano pancerze o kształtach kwadratu i grubości 6 do 12 mm - symbol D.XI.4, D.XI.5, D.XI.6 z przeznaczeniem na poziom 2 (wg STANAG 4569), o kształtach trapezu grubości 15 do 22 mm - symbol D.XI.7, D.XI.8, D.XI.9 na poziom 3 (wg STANAG 4569) oraz o kształtach kwadratu i grubości 25 do 30 mm - symbol D.XI.10, D.XI.11, D.XI.12 na poziom 4 (wg STANAG 4569).



Rys. 1. Przykładowe moduły pancerza dodatkowego

System montażu dla modułów pancerza dodatkowego dla poszczególnych wariantów opracowany zostały przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Urządzeń Mechanicznych „OBRUM” sp. z o.o. Konstrukcja demonstratora obiektu, również zaprojektowana przez OBRUM [7] (rys. 2b), służyła do montażu demonstratorów opancerzenia oraz wykonania

badania ich kuloodporności. Konstrukcja demonstratora obiektu została przystosowana dla wszystkich wariantów opancerzenia dodatkowego przeznaczonych do badań ostrzałem.



a) widok demonstratora



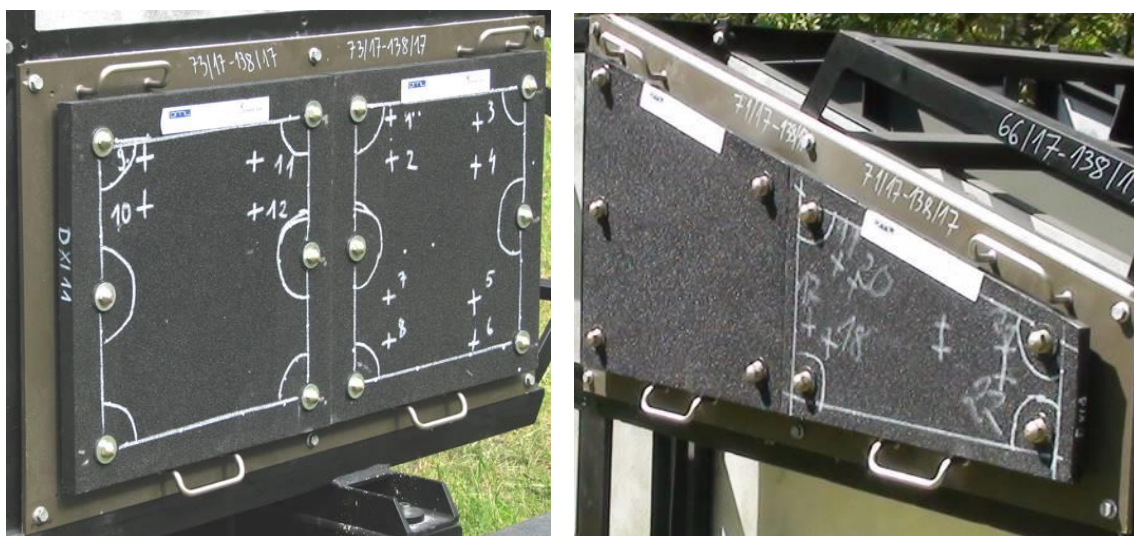
b) konstrukcja nośna korpusu

Rys. 2. Demonstrator obiektu [7]

Demonstrator obiektu odzwierciedlał konstrukcję typowego transportera opancerzonego. Szkieletowa konstrukcja przestrzenna przewidywała zabudowę modułów opancerzenia o kształtach kwadratowych i trapezowych. Demonstrator składał się z podstawy z obrotnicą oraz korpusu z przegrodami/kulochwytnymi. Dodatkowo wewnątrz demonstratora obiektu zamontowana była specjalna blacha ze stopu aluminium, tzw. płyta – świadek. Opracowane rozwiązanie z obrotnicą umożliwiało ostrzał burt obiektu pod kątami 90° , 30° i 60° oraz optymalizowało przebieg badań ostrzałem poprzez obrót obiektu o 180° pozwalający na ostrzał drugiej burty bez konieczności zmiany usytuowania oprzyrządowania badawczego.

Wielowarstwowe moduły pancerzy (rys 1) montowane były na płytach ze stali pancernej Armstal 500 grubości 6 mm, 8 mm lub 10 mm, które stanowiły pancerz podstawowy. Dla poziomu ochrony 3 i 4 na wewnętrznej stronie pancerza podstawowego montowane były również płyty spall-linera wykonane z polietylenu. Taki kompleks ochronny stanowił dodatkowe, pasywne, modułowe, opancerzenie (demonstrator opancerzenia rys. 3) dla demonstratora obiektu.

Sposób zabudowy demonstratora obiektu demonstratorami pancerzy przedstawiono na rys. 4.



Rys. 3. Przykładowe demonstratory opancerzenia do badań



Rys. 4. Obiekt do badań z demonstratorami

Badania ostrzałem prowadzono w Akredytowanym Laboratorium Badań Uzbrojenia Strzeleckiego i Osłon Zabezpieczających w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia w Zielonce. W trakcie badań zostały wykorzystane procedury badawcze: badanie kuloodporności próbek i pomiar prędkości metodą radiolokacyjną. Zakres badań oraz ich metodyka zostały tak przygotowane, aby możliwe było wystąpienie do Ośrodka Certyfikacji Wojskowego Instytutu Technicznego Uzbrojenia o wydanie Certyfikatu Zgodności potwierdzającego spełnienie wymagań przez moduły wielowarstwowych demonstratorów konstrukcji IMN/LUBAWA, normy STANAG 4569 Protection Levels For Occupants Of Armoured Vehicles. Level 2, 3, 4, w zakresie badania amunicją: 7,62x39 mm BZ, 7,62x5 mm Nammo AP8, oraz 14,5x114 mm B32, oraz załącznika AEP 55 Volume 1 – Procedures For Evaluating The Protection Level Of Armoured Vehicles, Multi-Hit Procedure.

Pełny proces kwalifikacji stosowany do ustalenia poziomu ochrony określonego systemu opancerzenia pojazdu składa się z czterech kolejnych faz:

- Faza 1. Ustalenie planu próby;
- Faza 2. Ocena balistyczna obszarów głównych;
- Faza 3. Ocena balistyczna obszarów konstrukcyjnych o obniżonej odporności;
- Faza 4. Ocena obszaru wrażliwego i szacowanie ochrony.

Badania przeprowadzone dla prezentowanych demonstratorów i przy wykorzystaniu demonstratora obiektu mogą być realizowane zarówno dla fazy 2 jak i 3. W fazie 2 realizowane były badania obszarów głównych (MA) oraz miejscowych obszarów o mniejszej odporności (LWA), których przykładem mogą być moduły wykonane z niejednorodnych materiałów, np. płytek ceramiki. W fazie 3 realizowane są badania obszarów konstrukcyjnych o mniejszej odporności (SWA). Typowe ich przykłady to krawędzie modułów, szczeliny pomiędzy nimi lub elementy montażowe. Przygotowując moduły do badań, wyznaczano na nich strefy wykluczone (EZ) rys 3. Był to obszar wokół pojedynczych modułów opancerzenia oraz wokół elementów systemu montażu. Strefę EZ początkowo wykluczoną dla celów prób

na obszarze MA należy poddawać próbom w fazie 3. w celu ustalenia czy strefa ta jest balistycznie odporna czy stanowi obszar wrażliwy (VA).

Zgodnie z normą STANAG 4569 i załącznikiem AEP 55 dla pocisków KE dla poziomów 1 - 3 standardowo wymagane jest minimum 22 strzałów, a dla poziomu 4 minimalna ilość strzałów wynosi 12. W celu ustalenia wymaganej zdolności ochrony określonej w STANAG dla pocisków KE należy stosować system próby wielostrzałowej tzw. „multi-hit” opisanej w załączniku B do AEP 55.

3. WYNIKI BADANIA OSTRZAŁEM DEMONSTRATORÓW OPANCERZENIA

Z badanych dziewięciu wariantów pancerzy dodatkowych, montowanych na pancerzu zasadniczym, stalowym grubości 6 mm, 8 mm i 10 mm dla ośmiu wariantów uzyskano wyniki pozytywne, spełniające wymagania normy STANAG 4569 dla poziomów 2, 3 i 4 (warianty uzyskały Certyfikat Zgodności). Jedynie dla wariantu D.XI.9 jeden z pocisków przebił demonstrator. Dla tego wariantu zwiększono do 24 ilość oddanych strzałów do pancerza. Uzyskano zatrzymanie 23 strzałów (do spełnienia normy potrzeba 22 strzałów w układzie multi-hit), jednak jedno przebicie zgodnie z zapisami normy nie pozwala na zakwalifikowanie badanego obiektu jako spełniającego normę. Na rysunkach 5 do 8 przedstawiono przykładowe zdjęcia demonstratorów pancerzy po badaniach ostrzałem.

W tabelicy 1 przedstawiono spis badanych demonstratorów opancerzenia, ich wymiary geometryczne oraz wyniki (w tym czy uzyskały certyfikat).

Tablica 1. Zestawienie wyników dla demonstratorów opancerzenia konstrukcji IMN/LUBAWA.

Lp.	Symbol	Demonstrator opancerzenia wymiary [mm]	Pancerz stalowy [mm]	Spall-liner	Masa 1m ²	Poziom wg. STANAG 4569	Wynik badań	Certyfikat
1	D.XI.4	600x1100	6	---	22	2	+	TAK
2	D.XI.5	600x1100	8	---	19,4		+	TAK
3	D.XI.6	600x1100	10	---	17,5		+	TAK
4	D.XI.7	Trapez 256/600x1100	6	TAK	45	3	+	TAK
5	D.XI.8	Trapez 256/600x1100	8	TAK	35		+	TAK
6	D.XI.9	600x1100	10	TAK	34		+/-	NIE
7	D.XI.10	600x1100	6	TAK	77	4	+	TAK
8	D.XI.11	600x1100	8	TAK	68		+	TAK
9	D.XI.12	600x1100	10	TAK	61		+	TAK



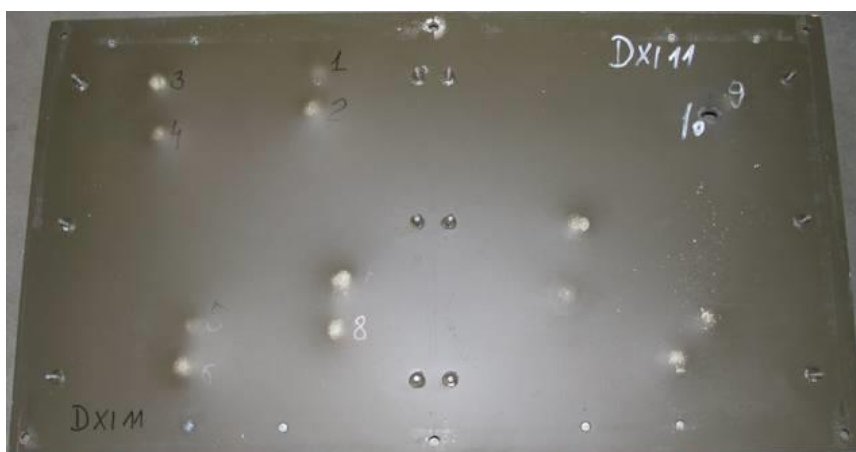
Rys. 5. Demonstrator opancerzenia DXI8 (przód)



Rys. 6. Demonstrator opancerzenia DXI8 (tyl-blacha 8 mm)



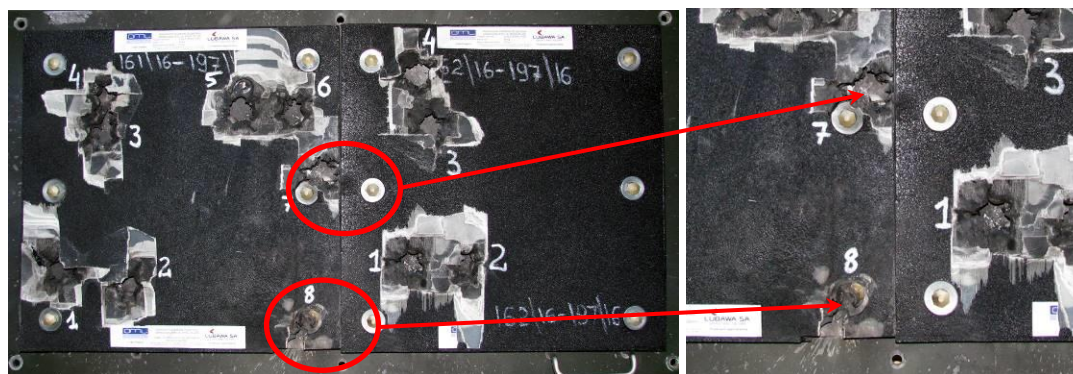
Rys. 7. Demonstrator opancerzenia DXI11 (przód)



Rys. 8. Demonstrator opancerzenia DXI11 (tył-błacha 8 mm)

Schemat realizacji badań, czyli rozplanowanie miejsc na demonstratorach gdzie dokonywano ostrzału nie były przypadkowe tylko wynikały bezpośrednio z wymagań normy STANG 4569 i AEP55. Mimo stosowania stabilnych stendów, na których montowane były lufy balistyczne oraz użycia celowników laserowych zdarzały się nieprecyzyjne trafienia. Przypadek taki wystąpił np. dla demonstratora opancerzenia D.IX.11. Na przedstawionych zdjęciach (rys 7 i 8) widać, że pocisk nr 10 trafił w to samo miejsce co poprzedni nr 9. W takiej sytuacji, gdzie mamy do czynienia z przebiciem, ale wynikającym nie z wady testowanego modułu tylko z niezgodnego z normą trafienia, nie uwzględnia się tej pary pocisków w procesie oceny zdolności ochronnej badanych pancerzy. Wyznaczono wówczas nowe miejsca ostrzału. Stąd na demonstratorze D.IX.11 pojawiają się dodatkowe punkty ostrzału numer 13 i 14. W trakcie badań dokonuje się również pomiaru prędkości każdego pocisku i sprawdza się czy zmierzona wartość jest zgodna z wymaganiami normy. Jeżeli zmierzona prędkość pocisku nie mieści się w zakresie prędkości podanej w normie dla danego typu amunicji, czyli jest za niska lub za wysoka, to analogicznie jak dla nieprawidłowego (niezgodnego z wytycznymi normy) trafienia również należy powtórzyć test ostrzału w innym miejscu modułu.

Na rysunku 9 przedstawiono przykładowy demonstrator pancerza, na którym testowano strefę wykluczoną EZ (faza 3). Demonstrator ten poddawany był badaniom odporności na ostrzał na poziom 4 STANAG 4569. Celowo ostrzelana została krawędź modułu (strzał nr 7) i element mocujący moduł do pancerza zasadniczego (strzał nr 8). Dla obu przypadków uzyskano wynik pozytywny, pociski zostały zatrzymane, mimo ostrzału miejsc potencjalnie słabszych.



Rys. 9. Przykładowy demonstrator opancerzenia, na którym oprócz obszaru głównego testowano również strefę wykluczoną – zaznaczone na czerwono nr 7 i 8

4. PODSUMOWANIE

W toku wykonanych prac rozwojowych realizowanych w kierunku określenia odporności na ostrzał modułów dodatkowego opancerzenia, dla których badano obszary główne oraz w ograniczonym zakresie strefy wykluczone, uzyskano wyniki pozytywne. Wyniki świadczą, że wykonane moduły pancerzy dodatkowych mają bardzo jednorodną, sztywną konstrukcję (jak na materiał wielowarstwowy z elementami ceramiki specjalnej). Zaproponowana konstrukcja demonstratorów opancerzenia (składająca się z dwóch, zamontowanych obok siebie modułów pancerzy) i demonstratora obiektu pozwala na testowanie pancerzy dodatkowych w szerokim zakresie dla fazy 2 jak i 3 zgodnie z normą STANAG 4569 i załącznikiem AEP55.

5. WNIOSKI

1. Zrealizowano badania kuloodporności, wg normy STANAG 4569 i AEP55 w Wojskowym Instytucie Technicznym Uzbrojenia w Zielonce, 9 wariantów demonstratorów opancerzenia dodatkowego IMN/Lubawa, które zostały zamontowane na demonstratorze obiektu.
2. Dla ośmiu wariantów pancerzy dodatkowych uzyskano spełnienie normy STANAG 4569, dla jednego, mimo uzyskania odpowiedniej ilości strzałów zatrzymanych (przy zwiększonej ich liczbie), ze względu na jedno przebicie nie spełniono warunków.
3. Wykazano, iż zaprojektowany i wykonany przez „OBRUM” sp. z o.o., w ramach projektu, demonstrator obiektu pozwala na realizację badań kuloodporności pancerzy dodatkowych wg STANAG 4569 i AEP55.
4. Zrealizowany zakres prac rozwojowych w ramach projektu pozwolił na uzyskanie VII Poziomu Gotowości Technologii dla opracowanych rozwiązań opancerzenia dodatkowego.

6. LITERATURA

- [1] Wiśniewski A.: Pancerze, budowa, projektowanie i badanie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2001. ISBN 83-204-2609-X.
- [2] Wiśniewski A., Żurowski W.: Amunicja i pancerze. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom, 2001. ISBN 83-88001-58-2.
- [3] Stanisławek S., Morka A., Niezgoda T.: Pyramidal ceramic armor ability to defeat projectile threat by changing its trajectory. Bulletin of the Polish Academy of Sciences. 63 (4), 843-849, 2015.
- [4] Płonka B., Remsak K., Rajda M., Wilczewski J.: Stopy metali lekkich w wielowarstwowych pancerzach pasywnych dla pojazdów wojskowych, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe, Nr 3 (38), 2015, ISSN 0860-8369 str.123-132.
- [5] Płonka B., Kut J., Korczak P., Lech-Grega M., Rajda M.: The influence of extrusion process parameters and heat treatment on the mechanical properties of high-strength magnesium alloy. Archives of Metallurgy and Materials, Vol 57, 2012, str. 619-626.
- [6] Starczewski L.: Współczesne materiały na osłony pancerne – kryteria, oceny i metody badań. Opracowania monograficzne V Konferencji Naukowo-Technicznej „Perspektywy Rozwoju Krajowej Produkcji Napędów Raketowych oraz Amunicji Strzeleckiej i Artyleryjskiej”, Kołobrzeg, 2011.
- [7] Grabania M. Ł., Kochel M.: Demonstrator obiektu, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe, Nr 1 (43), 2017, ISSN 0860-8369, str. 43-54.
- [8] Wilczewski J., Kubica M., Płonka B., Stefański B., Karpowicz M., Redlarski P.: Materiałowo-technologiczna analiza nowych możliwości produkcji dodatkowego opancerzenia sprzętu wojskowego, Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe, Nr 4 (42), 2016, ISSN 0860-8369, str. 27-37.

Badania zrealizowano w ramach projektu nr DOBR-BIO4/024/13237/2013 pt.: „Dodatkowe modularne opancerzenie kołowych transporterów opancerzonych i platform gąsienicowych” współfinansowanego przez NCBiR w ramach 4 Konkursu OIB - okres realizacji 2013-2017.