

Pancerze perforowane

Wiesław STĘPNIAK*, Wiesław HABAJ, Paweł PODGÓRZAK

*Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia,
ul. Prymasa St. Wyszyńskiego 7, 05-220 Zielonka
* autor korespondencyjny, e-mail: stepniakw@witu.mil.pl*

Artykuł wpłynął do redakcji 08.06.2012. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 22.01.2014

Streszczenie. W artykule przedstawiono budowę i metodę badania warstwowych, stalowych pancerzy perforowanych opracowanych przez firmę HTK oraz Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia (WITU), mogących mieć zastosowanie jako dopancerzenie pojazdów lub innych obiektów lekko opancerzonych. Testom poddano konfiguracje pancerzy różniące się liczbą i grubością poszczególnych warstw (blach stalowych), kształtem i rozstawem otworów (perforacji), odległością (dylatacją) pomiędzy poszczególnymi warstwami, sposobem montażu warstw pomiędzy sobą. Warstwowe pancerze perforowane ostrzeliwano zgodnie z wymaganiami dla III i IV poziomu ochrony wg STANAG 4569 i AEP-55.

Słowa kluczowe: mechanika, pancerze warstwowe, pancerze stalowe, pancerze perforowane

1. WSTĘP

Potencjalnymi krajowymi odbiorcami opancerzeń i dopancerzeń pojazdów są oddziały zmilitaryzowane RP biorące udział w misjach pokojowych, należące do struktur MON i MSW. W kontekście zastosowań systemów opancerzeń lekkich pojazdów należy odróżnić pojazdy wykorzystywane przez wojsko i przez inne służby działające w obszarze zagrożenia, np. BOR.

Artykuł został opracowany na podstawie referatu prezentowanego podczas IX Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, Pułtusk, 25-28 września 2012 r.

Obecnie lekkie pojazdy osobowo-terenowe najliczniej występują w Żandarmerii Wojskowej oraz w Straży Granicznej. Są to samochody typu Land Rover Defender o dopuszczalnej masie całkowitej (DMC) do 3500 kg. Tego typu samochody opancerza się w wersjach niekamuflowanych. Specyficzna działalność BOR i innych służb resortu MSW wymaga zastosowań opancerzeń kamuflowanych – niewidocznych z zewnątrz.

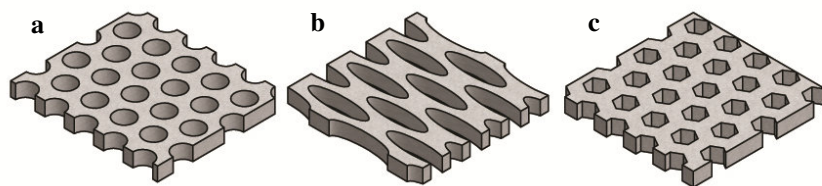
O ile opancerzenia niekamuflowane lekkich pojazdów wymagają jedynie adaptacji nadwozia do montażu danego rodzaju opancerzenia (stalowe, kompozytowe), o tyle ukrycie stref opancerzeń pojazdów (często samochodów osobowych) wymaga bardzo wyrafinowanej ingerencji w konstrukcję pojazdu. Tego typu opancerzeniami zajmują się specjalistyczne firmy, najczęściej pierwotni producenci (BMW, Toyota, Mercedes i inne). Stąd obszar w zakresie opancerzeń lekkich pojazdów, z natury nieopancerzonych, widzi się przede wszystkim w opracowaniu i wykonaniu opancerzeń niekamuflowanych. Głównymi użytkownikami, których powinny zainteresować rozwiązania lekkich opancerzeń autorstwa WITU powinny być przede wszystkim Wojska Lądowe oraz Żandarmeria Wojskowa. Samochody Honker i sposób ich opancerzenia nie sprawdziły się podczas misji w Iraku. Stąd w szczególności Wojska Lądowe, Żandarmeria Wojskowa i w ograniczonym zakresie Straż Graniczna powinny stanowić główny obszar zainteresowania w opracowywaniu i wdrażaniu lekkich opancerzeń niekamuflowanych do istniejącego lub zakupowanego sprzętu. Opancerzenie niekamuflowane, będące przedmiotem badań, było opracowywane m.in. w kontekście dopancerzenia kołowego transportera opancerzonego KTO „Rosomak”.

Dopancerzenie pojazdu należy do grupy pancerzy pasywnych i powinno zapewniać ochronę załogi przed ostrzałem pociskami z odległości 200 m (zgodnie z określonym normą STANAG 4569 poziomem ochrony) w azymucie 360° dookoła pojazdu i w elewacji 0÷60°. Lista poziomów zabezpieczenia oparta jest o 90% prawdopodobieństwo zapewnienia osłony osobom znajdującym się w pojazdach, na wypadek konkretnego zagrożenia.

W WITU prowadzono badania pancerzy perforowanych, mogących mieć zastosowanie do ochrony pojazdów do IV klasy odporności wg STANAG 4569.

2. BADANIA

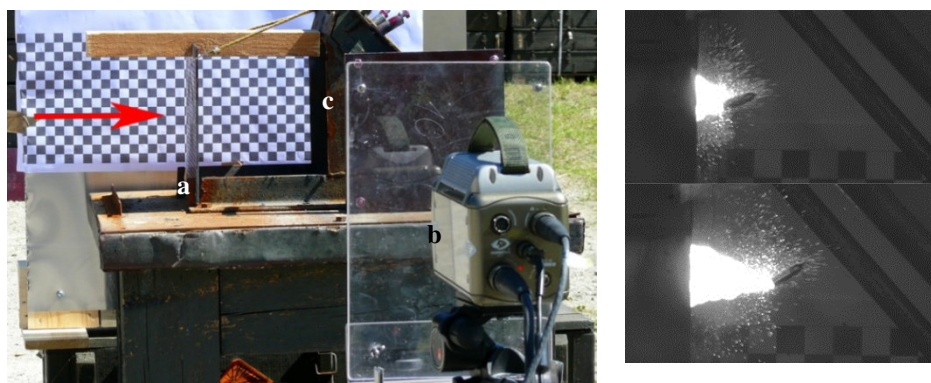
Podczas badań stosowano perforowane blachy stalowe trzech rodzajów: Miilux, ARMOX i 30PM. Blachy perforowano otworami o różnym kształcie, wielkości i rozstawie. Na rysunku 1 przedstawione są trzy rodzaje perforacji blach: okrągła, owalna i sześciokątna.



Rys. 1. Rodzaje perforacji blach stalowych stosowane podczas badań:
a – okrągła, b – owalna, c – sześciokątna (plaster miodu)

Fig. 1. Types of steel plate perforation used in ballistic tests:
a – round, b – oval, c – hexagonal (honeycomb)

W trakcie pierwszych prób obserwowano, za pomocą kamery do zdjęć szybkich, jak pocisk zachowuje się po uderzeniu w pojedynczą blachę perforowaną. Ustalono, że największe odchylenia osi pocisku od normalnej do blachy występują po uderzeniu w blachę o perforacji w kształcie plastra miodu. Ponadto dzięki bardziej skomplikowanej i dłuższej linii pęknięcia, w porównaniu z pozostałymi, pocisk tracił na takiej płycie najwięcej energii kinetycznej. Na rysunku 2 przedstawiono stanowisko do badań zachowania się pocisku po przejściu przez pojedynczą blachę perforowaną oraz kadry z kamery do zdjęć szybkich pokazujące przekoszenie pocisku po uderzeniu w blachę. Czerwoną strzałką oznaczono kierunek ostrzału.



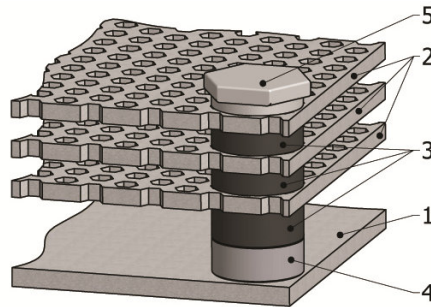
Rys. 2. Stanowisko badań z użyciem kamery do zdjęć szybkich:
a – blacha perforowana, b – kamera do zdjęć szybkich, c – kulochwył

Fig. 2. Test stand with high-speed camera:
a – perforated steel target plate, b – high-speed camera, c – the butt

W kolejnych testach nie zrezygnowano z blach o perforacji owalnej i okrągłej, jednakże bardziej skupiono się na konfiguracjach pancerzy złożonych z blach o perforacji w kształcie plastra miodu.

Badaniom poddawano zestawy (rys. 3) składające się z dwóch, trzech lub czterech blach (łącznie z blachą bazową, symulującą poszycie pojazdu) w zależności od zamierzonego do osiągnięcia poziomu ochrony. Zaobserwowano duży wpływ sposobu montażu blach pomiędzy sobą.

Podczas gdy blachy złożone pomiędzy sobą tulejami stalowymi były przebijane przez pocisk, taki sam zestaw zmontowany z użyciem tulei gumowych nie ulegał przebiciu. Rozwiązanie to jest przedmiotem ochrony patentowej (patent nr 209836 i 210671).



Rys. 3. Budowa warstwowego pancerza perforowanego:

- 1 – blacha stalowa symulująca poszycie pojazdu (P, B), 2 – blachy perforowane (PR),
- 3 – tuleje gumowe zapewniające dylatację pomiędzy blachami (G),
- 4 – tuleja stalowa (D), 5 – śruba mocująca

Fig. 3. Multi-layered perforated armour construction:

- 1 – steel plate simulating main vehicle armour (P, B), 2 – perforated steel plates (PR),
- 3 – rubber sleeves to ensure dilatation between steel plates (G),
- 4 – steel sleeve (D), 5 – mounting screw

W tabeli 1 przedstawiono oznaczenia stalowych, warstwowych pancerzy perforowanych. Oznaczenia te odnoszą się do wszystkich opisanych w artykule badań pancerzy, zarówno w III, jak i w IV klasie odporności wg STANAG 4569. Badania prowadzono wielokrotnie w tunelach strzelniczych Zakładu Uzbrojenia Strzeleckiego i Lotniczego oraz w Ośrodku Badań Dynamicznych w Stalowej Woli. W badaniach tych stosowano blachy Miilux.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono wyniki badań odporności pancerza perforowanego, z zastosowaniem blach Miilux, w III klasie (tab. 2) i w IV klasie odporności (tab. 3) wg STANAG 4569. Badania prowadzone były w temperaturze otoczenia.

Tabela 1. Zastosowane oznaczenia

Table 1. Used markings

Oznaczenie	Opis
P(4)	– blacha pełna (Miilux), cyfra w nawiasie – nominalna grubość w mm
B(A)8 B(30PM)8	– blacha symulująca poszycie pojazdu, oznaczenie w nawiasie A – ARMOX 500, 30PM – blacha zakupiona w HSI HSW S.A., liczba oznacza nominalną grubość w mm
PR(4/R5_7)	– blacha perforowana, pierwsza cyfra w nawiasie – nominalna grubość w mm, oznaczenie dodatkowe R5_7 – rodzaj perforacji
R5_7	– otwory sześciokątne (plaster miodu) ze średnicą okręgu opisanego na sześciokącie = 5 mm i rozstawem otworów = 7 mm
D(22), G(22)	– dylatacja, liczba w nawiasie – nominalna grubość w mm, D – dylatacja sztywna (tuleja stalowa), G – dylatacja elastyczna (tuleja gumowa)
m_p, m_d	– masa powierzchniowa pancerza rodzimego wraz z dopancerzeniem, masa powierzchniowa dopancerzenia, w obliczeniach masy przyjmowana jest gęstość stali = 7,85 g/cm ³ , nie są brane pod uwagę elementy montażowe (tulejki stalowe i gumowe, śruby, nakrętki)
90°	– wykrój perforacji blachy obrócony o 90° względem wykroju w pierwszej (od strony ostrzału) blasze
1000,1	– prędkość pocisku poza zakresem dopuszczalnym w STANAG 4569
+	– brak przebicia
–	– przebicie pancerza

Błąd pomiaru prędkości pocisków wynosi 0,2%.

Tabela 2. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom III)

Table 2. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level III)

PR(4,2/R3,1_7) + G15 + P6,5; $m_p = 77,53 \text{ kg/m}^2$				PR(4,2/R4_7,5) + G15 + P6,5; $m_p = 74,62 \text{ kg/m}^2$			
Lp.	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Lp.	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania
1	7,62 mm B-32	865	+	1	7,62 mm B-32	875	+
2		864	+	2		872	+
3		857	+	3		880	–
4		851	+	4		855	+
5		860	–	5		875	+
6		862	+	6		863	+
7		852	+	7		872	+
8		845	+	8		867	+
9		856	+	9		869	–
10		861	+	10		857	+
				11		855	+

Tabela 2 (cd.). Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom III)

Table 2. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level III)

PR(4,2/R4_8) + G15 + P6,5; m_p = 75,75 kg/m²							
1	7,62 mm B-32	877	–	7		876	+
2		874	+	8		870	+
3		869	+	9		883	+
4		857	+	10		877	–
5		876	+	11		878	+
6		875	+	12		871	+

Tabela 3. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom IV)

Table 3. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level IV)

PR(6,5R8_15) + PR(6,5R8_15) + G35 + P6,5+G15+B8; m_p = 186,85 kg/m², m_d = 124,05 kg/m²				PR10(R8_15) + G35 + P10 + G15 + B8; m_p = 197,47 kg/m², m_d = 134,67 kg/m²			
Lp.	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Lp.	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania
1	14,5 mm B-32	918	+	1	14,5 mm B-32	922	+
2		927	+	2		915	+
3		913	+	3		914	+
4		917	+	4		921	+
5		921	+	5		911	+
6		923	+	6		917	+
7		912	+	7		914	+
8		923	+	8		908	+
9		916	+				

Tabele 4 i 5 przedstawiają badania odporności na ostrzał w zakresie IV poziomu bezpieczeństwa wg STANAG 4569, amunicją 14,5 × 114 mm API B-32 w temperaturze otoczenia. Podczas tych badań stosowano blachy ARMOX i 30PM. Wszystkie blachy perforowane (PR) użyte w tych badaniach są to blachy 30PM zakupione w HSJ HSW S.A. Natomiast jako blachy bazowe stosowano zarówno ARMOX, jak i 30PM.

Przedmiotem badań były próbki stalowego pancerza perforowanego. W pierwszej z nich blachę bazową (symulującą poszycie kadłuba pojazdu) stanowiła 8,4÷8,6 mm blacha ArmoX o wymiarach 560 × 850 mm, a w drugiej próbce poszycie kadłuba pojazdu symulowała 8,5÷8,8 mm blacha 30PM o wymiarach 500 × 850 mm. Do obliczeń masy powierzchniowej pancerza przyjęto średnie grubości tych blach.

Każdy z pancerzy składał się z dwóch paneli zetkniętych ze sobą krawędzią, aby można było określić odporność balistyczną pancerza w miejscu łączenia paneli. Oba panele złożone były z 7,2÷7,3 mm blach 30PM o takiej samej perforacji (8_15) i różniły się między sobą sposobem zmontowania oraz rozmiarami.

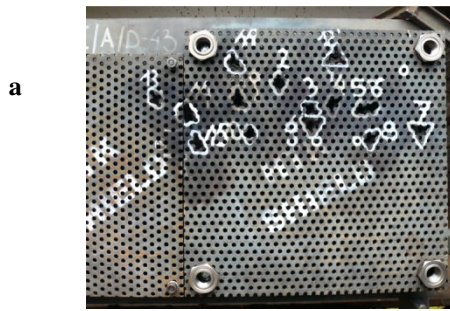
Tabela 4. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom IV)

Table 4. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level IV)

PR(7,25/R8_15) + G(10) + PR(7,25/R8_15) + G(10) + PR(7,25/R8_15) + G(15) + D(15) + B(A)8,5 $m_p = 188,90 \text{ kg/m}^2$ ($m_d = 122,17 \text{ kg/m}^2$)				
Nr strzału	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Uwagi
1	14,5 × 114 mm API B-32	903,9	+	pęknięcie bez śladów na blasze świadek rys. 4c
2		905,4	+	
3		896,9	+	
4		905,0	+	
5		914,1	+	
6		898,3	+	
7		908,0	+	
8		907,8	+	
9		904,0	+	
10		909,1	+	
11		916,7	+	
12		1000,6	+	
13		916,8	+	trafienie w mały panel
14		916,2	+	trafienie w łączenie paneli
15		924,0	+	

Większy panel (z prawej strony na rysunku 4a) miał wymiary 500 × 500 mm. Blachy tego panelu zmontowane były za pomocą czterech tulei o średnicy 38 mm pomiędzy sobą i do blachy symulującej poszycie pojazdu. Panel drugi (z lewej strony na rysunku 4a) miał wymiary 450 × 300 mm i przystawał dłuższą krawędzią do panelu pierwszego w taki sposób, że szczelina pomiędzy nimi wynosiła 2÷4 mm.

Blachy panelu drugiego połączone były ze sobą i do blachy bazowej za pomocą śrub. Panele ostrzeliwano pod kątem 0° od normalnej do ich powierzchni.



a



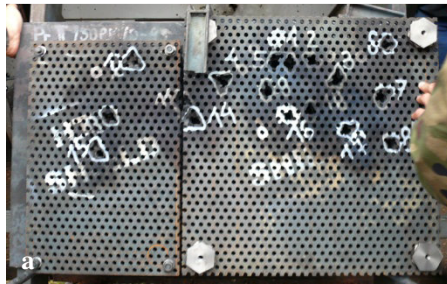
b



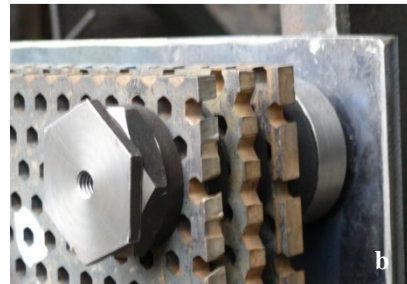
c

Rys. 4. Pancierz ostrzelany 15 pociskami 14,5 mm B-32 pod kątem 0° od normalnej do jego powierzchni

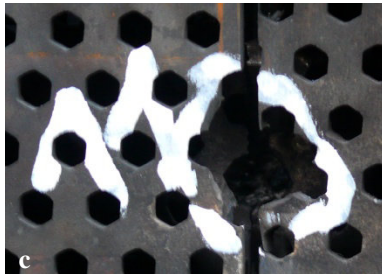
Fig. 4. Armour fired with 15 14,5 mm B-32 projectiles at 0° angle of the normal to its surface



a



b



c

Rys. 5. Pancierz ostrzelany 17 pociskami 14,5 mm B-32 pod kątem 0° od normalnej do jego powierzchni

Fig. 5. Armour fired with 17 14,5 mm B-32 projectiles at 0° angle of the normal to its surface

Tabela 5. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom IV)

Table 5. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level IV)

PR(7,25/R8_15) + G(10) + 90°PR(7,25/R8_15) + G(10) + PR(7,25/R8_15) + G(15) + D(15) + B(30PM)8,65, m_p = 190,07 kg/m² (m_d = 122,17 kg/m²)				
Nr strzału	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Uwagi
1	14,5 × 114 mm API B-32	916,1	+	
2		918,7	+	
3		922,4	+	
4		919,7	+	
5		914,6	+	zerwane zgrzewy dwóch górnych tulei
6		913,3	+	
7		925,8	+	
8		925,0	+	
9		918,1	+	
10		929,5	+	
11		900,0	+	strzał w łączenie paneli (rys. 5c)
12		905,0	+	strzał w mały panel
13		902,1	+	strzał w mały panel
14		904,1	+	
15		910,4	+	strzał w mały panel
16		922,0	+	
17		987,6	+	

Przeprowadzono badania pancerzy w obniżonej temperaturze. W tabelach 6 i 7 przedstawiono wyniki badań odporności na ostrzał w zakresie IV poziomu bezpieczeństwa wg STANAG 4569, amunicją 14,5 × 114 mm API B-32. Pancerze były mrożone do temp. -40°C i ostrzeliwane pociskami pod kątem 0° od normalnej do ich powierzchni.

Tabela 6. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom IV)

Table 6. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level IV)

PR(7,25/R8_15) + G(10) + 90°PR(7,25/R8_15) + G(10) + PR(7,25/R8_15) + G(15) + D(15)+B(A)8,5, $m_p = 188,90 \text{ kg/m}^2$ ($m_d = 122,17 \text{ kg/m}^2$)				
Nr strzału	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Uwagi
1	14,5 × 114 mm API B-32	934,0	–	strzał niezaliczony
2		927,0	+	
3		924,0	+	
4		922,9	+	
5		930,0	+	
6		918,2	+	
7		929,8	+	
8		927,6	+	
9		928,5	–	
10		936,3	+	
11		929,3	+	



Rys. 6. Pancerz mrożony, ostrzelany 11 pociskami 14,5 mm B32 pod kątem 0° od normalnej do jego powierzchni

Fig. 6. Refrigerated armour fired with 11 14,5 mm B-32 projectiles at 0° angle of the normal to its surface

Tabela 7. Wyniki ostrzału pod kątem 0° od normalnej do powierzchni pancerza (poziom IV)

Table 7. Firing results at 0° angle of the normal to the surface of the armour (level IV)

PR(7,25/R8_15) + G(10) + 90°PR(7,25/R8_15) + G(10) + PR(7,25/R8_15) + G(15) + D(15) + B(30PM)8,65, $m_p = 190,07 \text{ kg/m}^2$ ($m_d = 122,17 \text{ kg/m}^2$)				
Nr strzału	Pocisk	Prędkość uderzenia, m/s	Wynik badania	Uwagi
1	14,5 × 114 mm API B-32	929,5	+	
2		917,6	+	
3		930,0	+	
4		923,0	+	
5		941,1	+	
6		926,8	+	
7		930,1	+	
8		919,0	+	
9		923,3	+	
10		919,4	+	



Rys. 7. Pancerz mrożony, ostrzelany 10 pociskami 14,5 mm B-32 pod kątem 0° od normalnej do jego powierzchni

Fig. 7. Refrigerated armour fired with 11 14,5 mm B-32 projectiles at 0° angle of the normal to its surface

3. WNIOSKI

1. Największą gęstość ostrzału można uzyskać, stosując opancerzenie wykonane ze stali.
2. Najprostszym technologicznie i najtańszym rozwiązaniem jest w kolejności:
 - opancerzenie z litej, pancernej blachy stalowej – najwyższa masa powierzchniowa,

- opancerzenie w postaci układu warstwowego przestrzeniami dylatacyjnymi z blachami perforowanymi,
 - opancerzenie w postaci kompozytów ceramiczno-polimerowych – najniższa masa powierzchniowa.
3. Porównanie mas powierzchniowych dopancerzeń KTO „Rosomak” gwarantujących zabezpieczenie na poziomie IV wg STANAG 4569 wykazuje, że masa powierzchniowa pierwszej wersji dopancerzenia wariantu afgańskiego KTO (blachy lite) wynosi 157 kg/m^2 , natomiast w wersji układu blach perforowanych $122,17 \text{ kg/m}^2$, co stanowi obniżenie masy dopancerzenia o ponad 22%.
 4. Zastosowanie układów perforowanych blach pancernych i przez to minimalizacja masy dopancerzenia prowadzi do lepszego wykorzystania właściwości trakcyjnych opancerzanego pojazdu w stosunku do dopancerzenia wykonanego za pomocą blach litych.
 5. Elastyczne połączenie warstw pancerza ograniczające skutki trafienia pociskiem może być również stosowane w innych pojazdach podlegających opancerzeniu i/lub dopancerzeniu niekamufLOWanemu.

LITERATURA

- [1] STANAG 4569 (EDITION 2) – *Protection Levels for Occupants of Armoured Vehicles*. 18 December 2012.
- [2] AEP-55 *Procedures for Evaluating the Protection Level of Armoured Vehicles*. Volume 1 – Kinetic Energy and Artillery Threat. August 2011.

Layered Perforated Steel Armour

Wiesław STĘPNIĄK, Wiesław HABAJ, Paweł PODGÓRZAK

Abstract. The article presents design and testing methods of layered perforated steel armour developed by HTK Company and Military Institute of Armament Technology, which can be used as add-on-armour of vehicles and other light armoured objects. Armour configurations differing in number and thickness of layers (steel plates), shape and spacing of holes (perforations), distance (dilatation) between individual layers and assembly of layers were tested. Layered armours were fired in accordance with STANAG 4569 and AEP-55 protection levels III and IV.

Keywords: mechanics, layered armour, steel armour, perforated armour