

WKŁAD BALISTYCZNY DODATKOWY CERAMICZNO-KOMPOZYTOWY DO KAMIZELEK ODPORNICH NA 7,62 MM KARABINOWE POCISKI PRZECIWPANCERNE B-32

W artykule przedstawiono opracowany wkład balistyczny dodatkowy ceramiczno-kompozytowy, nadający kamizelkom odporność na 7,62 mm karabinowe pociski przeciwpancerne B-32. Omówiono jego konstrukcję i wyniki badań balistycznych.

1. Wstęp

W 2007 r. zrealizowano w Instytucie pracę obejmującą opracowanie Wstępnych Założeń Taktyczno-Technicznych oraz wykonanie i badania partii modelowej wkładów balistycznych dodatkowych ceramiczno-kompozytowych do kamizelek kuloodpornych, odpornych na 7,62 mm karabinowe pociski przeciwpancerne B-32 [1].

Wkłady, wykonane z płaskich płytek z ceramiki specjalnej Al_2O_3 naklejonej na wielowarstwowy kompozyt aramidowy, miały konstrukcję sprawdzoną uprzednio pod względem właściwości balistycznych na próbkach [2].

Badania balistyczne wkładów dodatkowych przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-V-87000 [3], w zestawieniu z tekstylnymi wkładami balistycznymi kamizelek o 2. klasie kuloodporności (odpornymi na 9 mm pociski Parabellum o prędkości uderzenia 358^{+15} m/s). Wykonano pełne badania przewidziane dla kamizelek kuloodpornych o najwyższej 5. klasie kuloodporności

2. Opracowanie i wykonanie wkładów

Opracowując wkłady balistyczne dodatkowe należy uwzględnić następujące wnioski, zalecenia i spostrzeżenia wynikające z analizy wyników badań próbek wkładów, omówionych w pracy [2]:

- Wkłady balistyczne dodatkowe z ceramiki wielosegmentowej charakteryzują się korzystną możliwością lokalizacji strefy zniszczenia pociskiem przez granice styku poszczególnych płytek. Możliwości tej nie mają wkłady z ceramiki monolitycznej. Wadą tych ostatnich jest nieprzewidywalna i niekontrolowana propagacja pęknięć występujących przy uderzeniu pocisku.
- Zastosowanie możliwie dużej liczby segmentów ceramicznych przy stosunkowo małej ich powierzchni powoduje, że w wyniku ograniczenia strefy pęknięć do płytki trafionej pociskiem i ewentualnie do niektórych płytek sąsiednich, uszkodzeniu ulega stosunkowo niewielka powierzchnia wkładu, umożliwiając tym samym zatrzymanie kolejnego pocisku.
- Zwiększanie powierzchni segmentów ceramicznych powoduje korzystne zmniejszenie łącznej długości linii granicznej styku segmentów, charakteryzujących się obniżoną kuloodpornością.

- Zaletą wkładów z ceramiki wielosegmentowej jest, oprócz ułatwionej lokalizacji strefy zniszczenia, jednorodność właściwości fizycznych poszczególnych płytek oraz łatwiejsza technologia w porównaniu do wkładu z ceramiki monolitycznej. Wykonywane z płaskich płytek ceramicznych mają jednak ten mankament, że ich wymiary powierzchni są ograniczone warunkiem zapewnienia dobrego przylegania do tułowia użytkownika (praktycznie mogą mieć wymiary nie większe niż około 250x200 mm). Kształtowane przestrzennie wkłady z ceramiki monolitycznej mogą być większe.
- Ułożenie segmentów na zakładkę eliminuje występowanie osłabionych miejsc styku naroży czterech płytek, charakterystycznych dla ułożenia w szachownicę. Stykanie się narożami jedynie trzech płytek wpływa korzystnie na dalszą lokalizację strefy pęknięć. Wiąże się jednak z koniecznością dysponowania dwoma rodzajami płytek o różnych wymiarach. Wydłuża się przy tym łączna długość linii styku płytek, co jest czynnikiem osłabiającym wkład balistyczny.
- Na rynku światowym wkłady monolityczne są stosunkowo drogie. Ich wykonawstwo w kraju nie jest obecnie możliwe - wiąże się z zupełnym brakiem doświadczenia, z przewidywanymi trudnościami technologicznymi i z koniecznością poniesienia wysokich początkowych kosztów inwestycyjnych na zakup odpowiednich pras i potrzebnego oprzyrządowania (w tym form).

Biorąc pod uwagę aktualne krajowe możliwości technologiczne w zakresie płytek ceramicznych (brak form do wykonawstwa płytek o kształcie panoramicznym, wysokie koszty ich ewentualnego opracowania i wykonania) i panoramicznego podkładu kompozytowego, przyjęto, że wkłady ceramiczno-kompozytowe, będą wykonywane jako płaskie. Z tego względu powierzchnia wkładów nie powinna być zbyt duża, taka, aby po zestawieniu z zasadniczym wkładem kuloodpornym kamizelki zapewniała dobre przyleganie do klatki piersiowej użytkownika. Zalecenie to jest zgodne z przyjętą zasadą [4], że wkład dodatkowy odporny na pociski wysoko-energetyczne powinien osłaniać obszar ciała jedynie w okolicy serca i płuc (kamizelki użytkowane przez żołnierzy brytyjskich mają wkłady dodatkowe o wymiarach 200x140 mm), przez co mają małą masę i zapewniają większą ruchliwość i zwinność żołnierza na polu walki. Badania własne, przeprowadzone w ramach pracy [2], umożliwiły określenie podstawowych danych konstrukcyjnych wkładu balistycznego dodatkowego nadającego kamizelkom odporność na karabinowe pociski przeciwpancerne B-32. Podobnie, jak w przypadku wkładów do kamizelek odpornych na 7,62 mm pociski przeciwpancerne BZ z kbk AKM (o 5. klasie kuloodporności wg PN-V-87000) [5,6], zachowano konstrukcję opartą o płaską wielosegmentową ceramikę Al_2O_3 i kompozyt z prepregu aramidowego.

Oprócz zasadniczej struktury kuloodpornej, złożonej z płytek z ceramiki specjalnej Al_2O_3 , naklejonych na wielowarstwowy kompozyt aramidowy, wkład balistyczny dodatkowy, będący przedmiotem niniejszego opracowania, zawiera elementy konstrukcyjne wymienione w Zgłoszeniu Patentowym Instytutu nr P 381263 z dnia 11.12. 2006 r. [7].

W celu poprawy dopasowania wkładu do tułowia użytkownika i umożliwienia zwiększenia jego powierzchni ochronnej, przewidziano ścięcia naroży wkładu. Wielkość tych ścięć dobrano uprzednio doświadczalnie na modelach drewnianych, mając na uwadze zminimalizowanie naprężeń poszycia tkaninowego kamizelki na użytkownika i zapewnienie trwałości klejonego pokrowca wkładu.

Płytki z ceramiki specjalnej Al_2O_3 , o wymiarach powierzchni 50x50 mm, wykonano w Instytucie Szkła i Ceramiki w Warszawie. Oprócz płytek kwadratowych wykonano potrzebną liczbę płytek ze ściętymi narożami. Właściwości fizyczne płytek ceramicznych wg atestu producenta podano w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości fizyczne płytek z ceramiki specjalnej [8]

Zawartość Al ₂ O ₃ , %	Gęstość właściwa g/cm ³	Twardość GPa	Wytrzymałość na zginanie, MPa	Nasiąkliwość wodna, %
99,5	3,90	13,8	230,0±10,0	0,00

Do wykonania płytek kompozytowych, przeznaczonych jako podkład do naklejenia ceramiki, zastosowano prepeg aramidowy TWARON CT 750 powlekany jednostronnie żywicą fenolową.

Do prasowania na gorąco kompozytu opracowano i wykonano we własnym zakresie oprzyrządowanie, współpracujące z komorą grzejną o precyzyjnie regulowanej temperaturze.

Wkłady ceramiczno-kompozytowe o wymiarach nominalnych 250x200 mm składały się z 20. płytek ceramicznych, naklejonych w szachownicę na wielowarstwowym kompozycie z prepegu. Cztery płytki narożne miały ścięcia ułatwiające dopasowanie wkładu do tułowia użytkownika.

3. Badania balistyczne

Badania balistyczne wkładów balistycznych dodatkowych ceramiczno-kompozytowych przeprowadzono zgodnie z wymaganiami normy PN-V-87000, w zestawieniu z wkładami balistycznymi kamizelek o 2. klasie kuloodporności (odpornymi na 9 mm pociski Parabellum o prędkości uderzenia 358⁺¹⁵ m/s).

Wykonano pełne, przewidziane w normie dla kamizelek o najwyższej, 5. klasie kuloodporności, badania balistyczne czterech zestawów:

- na sucho,
- po deszczowaniu,
- po termostatawaniu w temperaturze -40 °C,
- po termostatawaniu w temperaturze +50 °C.

Do każdego zestawu dano po jednym strzale.

Pozostałe warunki badań nie ujęte w normie:

- 7,62 mm lufa balistyczna nr LS-022,
- nabój 7,62 mm x 54R z pociskiem przeciwpancerno-zapalającym B-32 z rdzeniem stalowym, partia nr L06-78-17,
- prędkość uderzenia pocisku $V_u = 820^{+25}$ m/s, (odległość strzelania wynosiła 15 m),
- konsystencja (wgniecenie wzorcowe) podłoża: 25 mm.

Badania przeprowadzono w akredytowanym laboratorium Instytutu. Ich wyniki znajdują się w Sprawozdaniu [9]. Najważniejsze z nich zestawiono w tabeli 2.

Badania wykazały, że wkłady dodatkowe, w zestawieniu z wkładami balistycznymi o 2. klasie kuloodporności, spełniają wymaganie odporności na 7,62 mm pociski przeciwpancerne B-32. Mogą być stosowane do kamizelek mających 2. lub wyższą klasę kuloodporności, zwiększając ją w swoim obrębie. Należy przy tym podkreślić niewielką uzyskiwaną głębokość wgniecenia podłoża - 24÷34 mm (dopuszczalna w normie głębokość wgniecenia podłoża wynosi 40 mm). Spośród czterech badanych paneli tylko jeden został przebity, jednak bez przebicia tekstylnego wkładu zasadniczego badanego w zestawieniu, stanowiącego podłoża. Świadczy to o prawidłowym zoptymalizowaniu konstrukcji wkładów dodatkowych.

Fotografie pokazane na rys. 1÷3 przedstawiają wkłady balistyczne dodatkowe po badaniach balistycznych w warunkach ekstremalnych.

Tabela 2. Wyniki badań wg PN-V-87000 odporności wkładów balistycznych dodatkowych ceramiczno-kompozytowych w zestawieniu z wkładami balistycznymi o 2. klasie kuloodporności, na 7,62 mm karabinowe pociski przeciwpancerne B-32

Warunki badania	Prędkość uderzenia pocisku, m/s	Efekt strzału		Wynik ogólny badania
		Głębokość wgniecenia podłoża, mm	Przebicie – Nie przebicie +	
Na sucho	831	25	+	Pozytywny
Po deszczowaniu	821	34	+	Pozytywny
W temperaturze -40 °C	836	29	+	Pozytywny
W temperaturze +50 °C	828	24	+	Pozytywny



Rys. 1. Wkład balistyczny dodatkowy po badaniach balistycznych w temperaturze -40 °C

Rys. 2. Wkład balistyczny dodatkowy po badaniach balistycznych w temperaturze +50 °C

Rys. 3. Wkład balistyczny dodatkowy po badaniach balistycznych w stanie po deszczowaniu

Miejsca trafień pocisku miały charakter losowy - najczęściej przypadają na linie styku płytek ceramicznych, w jednym przypadku w ich pobliżu oraz w miejscu styku naroży czterech płytek. Linie styku płytek, a w szczególności miejsce styku ich naroży są najsłabszymi obszarami wkładu; dla wyniku badań były zatem niekorzystne. Pokrowiec po ostrzale nie ulegał uszkodzeniu (poza bezpośrednią strefą uderzenia pocisku) utrzymując nienaruszoną konstrukcję kuloodporną i zapobiegając rozlatywaniu się odłamków i odprysków zagrażających użytkownikowi.

Biorąc pod uwagę wyniki badań balistycznych - brak przebiccia zestawów i niewielką głębokość uzyskiwanych wgniecen podłoża, można przyjąć, że zastosowana konstrukcja wkładu jest optymalna.

4. Wnioski

Z wykonanej pracy wynikają następujące wnioski i spostrzeżenia:

- Opracowane i wykonane wkłady balistyczne dodatkowe ceramiczno-kompozytowe, w zestawieniu z wkładami balistycznymi kamizelek o 2. klasie kuloodporności spełniają wymagania odporności na 7,62 mm karabinowe pociski przeciwpancerne B-32 w pełnym zakresie warunków użytkowania:

- na sucho,
 - po deszczowaniu,
 - w temperaturze -40°C ,
 - w temperaturze $+50^{\circ}\text{C}$,
- Badania własne, przeprowadzone w ramach niniejszej pracy, umożliwiły sprawdzenie i potwierdzenie prawidłowości przyjętej konstrukcji wkładu balistycznego dodatkowego nadającego kamizelkom odporność na karabinowe pociski przeciwpancerne B-32. Podobnie, jak w przypadku wkładów do kamizelek odpornych na 7,62 mm pociski przeciwpancerne BZ (o 5. klasie kuloodporności wg PN-V-87000) [5,6], zachowano konstrukcję opartą o płaską wielosegmentową ceramikę Al_2O_3 i kompozyt z prepregu aramidowego. Oprócz zasadniczej struktury kuloodpornej, złożonej z płytek z ceramiki specjalnej Al_2O_3 , naklejonych na wielowarstwowy kompozyt aramidowy, wkład balistyczny dodatkowy zawierał elementy konstrukcyjne wymienione w Zgłoszeniu patentowym Instytutu [7] - warstwy przeciwdpryskowej, powłoki amortyzująco-zabezpieczającej oraz wodoodpornego pokrowca.
 - Pozytywne wyniki pełnych badań balistycznych wkładów, przeprowadzonych według wymagań normy PN-V-87000, świadczą, że ich konstrukcja jest optymalna.
 - Masa całkowita kompletnego wkładu (panelu) wynosi około 2,6 kg, przy rzeczywistych wymiarach powierzchni około 265x215 mm. Grubość wkładu wynosi 24 mm.
 - Zaletą wkładów z ceramiki wielosegmentowej jest, oprócz ułatwionej lokalizacji strefy zniszczenia, jednorodność właściwości fizycznych poszczególnych płytek oraz łatwiejsza technologia w porównaniu do wkładu z ceramiki monolitycznej. Wykonywane z płaskich płytek ceramicznych mają jednak ten mankament, że ich wymiary powierzchni są ograniczone warunkiem zapewnienia dobrego przylegania do tułowia użytkownika (praktycznie mogą mieć wymiary nie większe niż podane powyżej). Kształtowane przestrzennie wkłady z ceramiki monolitycznej mogą być większe. Wadą tych ostatnich jest jednak nieprzewidywalna i niekontrolowana propagacja pęknięć występujących przy uderzeniu pocisku.
 - Badania wykazały, że strefa pęknięć płytek ceramicznych w kompletnych wkładach nie ogranicza się czasami do płytki uderzonej bezpośrednio przez pocisk. Uszkodzeniom (pęknięciom lub wyszczerbieniom, połączonym niekiedy z oderwaniem) ulegały również niektóre płytki sąsiednie, szczególnie stykające się krawędziami. Obniżoną odpornością balistyczną charakteryzują się w szczególności miejsca styku naroży płytek ceramicznych.
 - Wkłady balistyczne dodatkowe tego rodzaju mogą być stosowane do wszystkich rodzajów kamizelek, zarówno nowych, jak i używanych, mających co najmniej 2. klasę kuloodporności (odporność na 9 mm pociski Parabellum o prędkości uderzenia 358^{+15} m/s). Wkład ten powinien być umieszczony w kieszeni poszycia kamizelki od jej strony zewnętrznej. Jeżeli kamizelka jest już wyposażona w inny wkład balistyczny dodatkowy (np. stalowy), to należy go wyjąć.
 - Instytut nasz ma możliwości techniczne i potencjał produkcyjny do wykonywania niewielkiej ilości wkładów tego rodzaju.
 - Planuje się wykonanie w przyszłym roku partii prototypowej wkładów, wyposażenie w nie kamizelek oraz przeprowadzenie ich badań wstępnych, obejmujących badania balistyczne i ocenę użytkową.

Literatura

- [1] Zubik T., Ołowski A.: Opracowanie, wykonanie i badania partii modelowej wkładów balistycznych dodatkowych ceramiczno-kompozytowych do kamizelek kuloodpornych odpornych na 7,62 mm pociski przeciwpancerne B-32. Sprawozdanie z pracy - zadanie nr 11880. WITU. 2007. Nie publikowane.
- [2] Zubik T.: Opracowanie konstrukcyjne wkładów balistycznych dodatkowych ceramiczno-kompozytowych do kamizelek kuloodpornych odpornych na 7,62 mm pociski przeciwpancerne B-32. Sprawozdanie z pracy - zadanie nr 11032. WITU. 2006. Nie publikowane.
- [3] PN-V-87000: Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania i badania. 1999.
- [4] IV Międzynarodowe Seminarium Ochron Balistycznych. Genewa. 1998. Materiały konferencyjne.
- [5] Zubik T.: Opracowanie wkładów z ceramiki specjalnej do kamizelek kuloodpornych o 4. i 5. klasie kuloodporności wg PN-V-87000. Sprawozdanie z pracy - zadanie nr 16889. WITU. 2002. Nie publikowane.
- [6] Zubik T., Habaj W.: Opracowanie partii prototypowej paneli ceramiczno-kompozytowych do kamizelek o 5. klasie kuloodporności wg PN-V-87000. Sprawozdanie z pracy - zadanie nr 16036. WITU. 2004. Nie publikowane.
- [7] Zgłoszenie patentowe WITU "Wkład balistyczny" nr P 381263 z dnia 11.12.2006 r.
- [8] Atest nr 2/2007-09-04 z dnia 3.09.2007 r. Instytutu Szkła i Ceramiki w Warszawie na ceramikę specjalną małogabarytową.
- [9] Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia. Laboratorium Badań Uzbrojenia Strzeleckiego i Osłon Zabezpieczających. Sprawozdanie z badań nr 52/2007.