



# NOWOCZESNE PANCERZE DLA ROSOMAKÓW

Ten wymóg spowodował rozwój niekonwencjonalnych materiałów metalicznych i niemetalowych. W tej sytuacji rozwój pasywnych panczerzy ukierunkowano na układy warstwowe oraz ich ukształtowanie, co przejawia się znacznymi i zmiennymi kątami pochyleń osłon pancernych w stosunku do toru pocisku.

Szczególną uwagę zwracają warstwowe panczerze kompozytowe (składające się z połączonych warstw metali, laminatów i ceramiki), które pozwalają na znaczne ograniczenie masy osłony. Badania poznawcze potwierdziły walory panczerza warstwowego, to jest przede wszystkim lepszą jego funkcjonalność (mniejsza masa i grubość) i skuteczność (większa odporność) w stosunku do panczerza monolitycznego.

Skuteczność ochronna jest określana kuloodpornością, to jest odpornością panczerza na przebicie określonym typem i rodzajem pocisku. W podobny sposób definiuje się odłamkoodporność.

Mechanizmy oddziaływania pocisku podczas przebijania panczerza, w zależności od materiału pocisku, jego masy i prędkości (energii), są różne. Pociski miękkie, wykonane z ołowiu lub z miękkiej stali, po zderzeniu z panczerzem ulegają grzybkowaniu, a więc energia pocisku zamieniana jest na proces odkształcenia plastycznego pocisku oraz na proces destrukcji panczerza. Pociski twarde, przeciwpancerne, wykonane ze stali hartowanej lub spieku wolframu oraz pociski o budowie mieszanej (przód pocisku stal hartowana, tył wykonany z ołowiu), nie ulegają grzybkowaniu. Skuteczny pancierz chroniący przed skutkami takiego pocisku to taki, który najpierw doprowadzi

## Współczesne, efektywne środki rażenia wymuszają doskonalenie skuteczności ochronnej osłon pancernych pojazdów, obiektów naziemnych, statków powietrznych, a także wodnych. Jednocześnie zakłada się, że wzrost skuteczności ochronnej panczerzy musi następować bez istotnego wzrostu ich masy.

MICHAŁ SITARSKI, WSPÓŁPRACA MAŁGORZATA WNUK

do rozkruszenia pocisku, a potem „wyłapie” rozkruszone fragmenty. Mogą to być ciężkie, monolityczne panczerze stalowe lub lżejsze warstwowe: stalowe lub kompozytowe, w tym ceramiczne.

Nie ma uniwersalnego mechanizmu przebijania przez pocisk panczerza, są tylko ogólne przesłanki wynikające z obserwacji zderzenia się pocisku z różnymi panczerzami. Rozwiązań konstrukcyjnych panczerzy jest bardzo dużo i wynikają one zarówno z rodzajów i gęstości zastosowanych materiałów, jak i kombinacji warstw i ich grubości. Parametrem funkcjonalnym jest masa powierzchniowa panczerza. Celem działań konstrukcyjnych jest uzyskanie jak najmniejszej masy panczerza przed skutkami określonego typu amunicji.

Dotychczasowe rozwiązania stalowych osłon pancernych bazują na tradycyjnych gatunkach stali trudnościeralnych. Z reguły są to stale, których skład chemiczny i właściwości mechaniczne odpo-

↓ Sekwencja zdjęć pokazująca moment detonacji głowicy granatu PG-7W przyłożonego do kasety panczerza dodatkowego, umieszczonej na przedniej górnej płycie panczerza KTO Rosomak. Została ona opracowana w firmie Mikanit, przy współudziale WZM S.A. z Siemianowic Śląskich i zgodnie z warunkami licencji jej montaż nie mógł ingerować w strukturę kadłuba pojazdu.





↑ Kasetka przygotowana do próby. Podstawka głowicy granatu uwzględnia kąt nachylenia przedniego pancerza Rosomaka – pod zbliżonym kątem trafi weń granat wystrzelony równoległe do poziomu gruntu.

wiadają normie MIL 46100 lub MIL 12500. W podstawowej klasyfikacji wyróżnia się dwa rodzaje homogenicznych blach pancernych: blachy o średniej twardości, tj. według umownego podziału o twardości 300÷380HB (często określane jako RHA) oraz o wysokiej i bardzo wysokiej twardości, tj. z przedziału 500÷600HB, a nawet 650HB.

W Europie najpopularniejszymi odpowiednikami tych gatunków stali są stale szwedzkie SSSAB *Armox* (440T, 500T, 600T), francuskie (*Mars* 450, *Mars* 500), stale fińskie firmy Ruuki (*Ramor* 200, *Ramor* 400) czy niemieckie *Secure ThyssenKruppa*.

W Polsce do 2000 r. nie były produkowane stale pancerne, które spełniałyby wymagania normy MIL-A-46100E(MR). Zapotrzebowanie krajowe na stale pancerne o wyższej wytrzymałości, niż dotychczas produkowana stal w gatunku 2P, spowodowało uruchomienie prac, w wyniku których powstały produkty spełniające wymagania ww. normy i pod względem własności mechaniczno-funkcjonalnych odpowiadają najwyższej jakości produktom renomowanych firm. W kraju wytwarza się już wysokiej jakości stale pancerne np. 30 PM, PM 450, *Armstal* 500, *Armstal* 550 w Hucie Stali Jakościowych w Stalowej Woli czy HCM 480 *Milar* w ISD Huta Częstochowa. Wymienione stale, dzięki odpowiedniej obróbce cieplnej, charakteryzują się wysokimi wartościami twardości, wytrzymałości na rozciąganie, udarności (w tym w ujemnej temperaturze). Nowością są perforowane blachy pancerne o dużej twardości, których masa powierzch-

niowa jest mniejsza w stosunku do blach pełnych o ok. 15÷20% oraz stale bainityczne.

W kompozytowych pancerzach warstwowych spełnienie wymagań określonego poziomu ochrony jest uwarunkowane jego elementami składowymi. Pancerze wykonane z samych laminatów lub ich kombinacji mają ograniczone możliwości ochronne, tj. co najwyżej dla poziomu 1 wg STANAG 4569A lub klasy FB 6 wg PN-EN 1522:2000.

W przypadku ochrony powyżej poziomu 1 wg STANAG 4569A, tj. przed działaniem pocisków przeciwpancernych, pancerze wykonuje się ze stali twardych lub kombinacji tych stali z laminatem – o odporności na przebicie decyduje grubość i twardość zastosowanej blachy. W tych rozwiązaniach laminat (z włókien szklanych, aramidowych, polietylenowych) z jednej strony pełni rolę wychwytywacza odłamków (tzw. spall-liner), z drugiej zmniejsza istotnie wewnątrz chronionego pojazdu kąt rozlotu odłamków pochodzących z pocisku i blachy pancerza. Pomimo zmniejszenia masy pancerza nadal są to układy ciężkie. Alternatywnymi wysoce efektywnymi są kompozytowe układy mieszane (hybrydowe): ceramiczno-laminatowe, ceramiczno-metalowe (cienka stal pancerna, stopy aluminium lub tytanu) oraz ceramiczno-metalowo-laminatowe.

W opancerzeniu pojazdów podstawowymi hybrydowymi osłonami ochronnymi są układy laminatowo-ceramiczne. Wynika to z korzystnego stosunku ich masy powierzchniowej do założonej odporności balistycznej. Ze względu na cenę najczęściej stosu-

je się kształtki z ceramiki korundowej (dwukrotnie lżejszej od stali) z różnymi jej modyfikacjami. W osłonach pancernych stosuje się również znacznie droższe ceramiki węglkowe na bazie krzemu czy boru (ok. 20% lżejsze niż korundowa). Koszt wytworzenia ceramiki węglkowej jest znacznie wyższy, jednak dla rozwiązań pancerza, o małej masie powierzchniowej i wysokim poziomie ochrony, wyższą efektywność wykazuje ceramika węglkowa.

Osobnym zagadnieniem są pasywne rozwiązania pancerzy chroniące przed działaniem amunicji kumulacyjnej. Największe zagrożenie, ze względu na znaczne rozpowszechnienie w rejonach konfliktów, stanowią granaty PG-7W i pochodne, odpalane z ręcznych granatników przeciwpancernych RPG-7. Przyjmuje się, że zdolność penetracji litego pancerza stalowego przez strumień kumulacyjny pocisku PG-7W wynosi od 330 do 420 mm, przy działaniu prostopadłym strumienia do powierzchni atakowanej. Podstawową trudnością w konstruowaniu skutecznych, cechujących się małą masą powierzchniową, pasywnych pancerzy przeciwkumulacyjnych jest niepowtarzalność wygenerowanych jego długości. Powoduje to, że konstrukcje układów muszą uwzględniać skrajne jego wartości. Dodatkowym utrudnieniem zwiększającym masę opancerzenia jest wymóg spełnienia jednocześnie wysokiej odporności na penetrację strumienia pocisku PG-7W i wysokiego poziomu ochrony przed pociskami przeciwpancernymi np. z poziomu 4 STANAG 4569A. Wynika to z odmiennych mecha-





↑ Kasetka po zdetonowaniu głowicy granatu – nie doszło do przebicia pancerza zasadniczego. Na kasecie zdetonowano dwie głowice (na zdjęciu – kasetka po pierwszej detonacji), a następnie...

nizmów niszczenia pancerza przez pocisk przeciwpancerny i strumień kumulacyjny – z reguły przestrzenny układ pasywny zatrzymujący pocisk nie jest skuteczny wobec strumienia kumulacyjnego.

W 2008 roku, współpracując ze sobą firmy: Wojskowe Zakłady Mechaniczne S.A. z Siemianowic Śląskich, Huta Stali Jakościowych S.A. ze Stalowej Woli, Mikanit z Warszawy oraz Cenrex Sp. z o.o., bazując na własnych rozwiązaniach konstrukcyjnych, opracowały i z powodzeniem wdrożyły, w miejsce dotychczasowego opancerzenia firmy Rafael Advanced Defense Systems, modułowy system opancerzenia dla kołowych transporterów opancerzonych *Rosomak*, spełniający wymagania 4 poziomu ochrony wg STANAG 4569A. Wspomniane wyżej firmy realizowały działania w układzie partnerskim, angażując wyłącznie środki własne i całkowicie ponosząc ryzyko nieosiągnięcia zamierzonego celu. W rezultacie prac badawczych i licznych prób laboratoryjnych oraz poligonowych uzyskano najefektywniejsze rozwiązania opancerzenia. W części opancerzenia stalowego ciężar projektu spoczywał na współpracy WZM S.A. i HSJ S.A., zaś w tzw. części kompozytowej – WZM S.A., Cenrexu Sp. z o.o., Mikanitu i HSJ S.A.

Tworząc przestrzenne opancerzenie stalowe zastosowano układ blach z nowego gatunku stali pancernych, wytwarzanych w kraju przez HSJ S.A., w technologii wykonania podzespółów gotowych do montowania modułów w WZM S.A. w Siemianowicach Śląskich.

W części kompozytowej projektu opracowano i wdrożono, wraz z systemem zabudowy na kadłubie *Rosomaka*, wykorzystując unikalne (zastrzeżone patentem) rozwiązania konstrukcyjne firmy Mikanit, moduł pancerza nad przedziałem kierowcy spełniający jednocześnie wymagania 100% ochrony przed pociskiem kumulacyjnym PG-7W i 100% ochrony dla poziomu 4 wg STANAG 4569A przed pociskami przeciwpancernymi.

Firma Mikanit, w oparciu o własne rozwiązanie, uruchomiła produkcję modułów ceramiczno-laminatowych tworzących osłonę balistyczną wieży *Hitfist-30P* kołowego bojowego wozu piechoty

*Rosomak* na poziomie 4 STANAG 4569A. Aby spełnić wysokie wymagania w zakresie masy opancerzenia wieży, zastosowano specjalną technologię łączenia poszczególnych komponentów modułów i opracowano system zabudowy odporny na przestrzelenie pociskami przeciwpancernymi 14,5x114 mm. W budowie modułów zastosowano komponenty renomowanych firm światowych, zaś nowe opancerzenie wieży pojazdu cechuje się doskonałym dopasowaniem modułów w miejscach ich styku.

Firma Mikanit jest producentem i dostawcą do WZM S.A. w Siemianowicach Śląskich przeciwdławkowych wykładzin aramidowych na bazie krajowego laminatu Lim M. Oferta firmy obejmuje znacznie szerszy asortyment wykładzin przeciwdławkowych: aramidowe (miękkie i twarde), na bazie włókien szklanych oraz hybrydy szklano-aramidowe o wysokiej odłamkoodporności i kuloodporności. Firma specjalizuje się w kompleksowym tworzeniu osłon ochronnych na zamówienie klienta pod określone wymagania definiowane poziomami ochrony wg STANAG 4569 lub PN-EN 1522 z uwzględnieniem systemów zabudowy w pojazdach lub obiektach. W swojej ofercie ma także, zbadane i z powodzeniem zastosowane, układy warstwowe chroniące przed skutkami działania min i granatów fragmentujących oraz ładunków IED dla 1 poziomu ochrony wg STANAG 4569B.

Wśród wyżej wymienionych, współpracujących ze sobą firm, wiodącą są Wojskowe Zakłady Mechaniczne S.A. z Siemianowic Śląskich – właściciel technologii zabudowy komponentów polskiego opancerzenia, spełniającego wymagania poziomu 4 STANAG 4569A, na *Rosomakach*. Ze względu na, postawione przez Ministerstwo Obrony Narodowej, ostre wymagania co do prawdopodobieństwa ochrony niektórych powierzchni kadłuba pojazdu, przyjęto określenie poziomu ochrony 4+. W części kompozytowej wiodącym ośrodkiem technologicznym jest firma Mikanit.

Zastosowane na *Rosomakach* rozwiązania ochronne są autonomicznymi, łatwo wymiernymi modułami pancernymi. Stanowią układy złożone, tzw. pancerze strukturalne, o gradientowych własnościach odporności na uderzenia pociskami. Takie kompozycje zapewniają wyższe poziomy ochrony przy znacznie zredukowanej masie. Parametrem oceniającym poziom technologiczny danego roz-

wiązania jest tzw. efektywność masowa (Em). Jest ona stosunkiem ekwiwalentnej masy stali typu RHA, która zatrzyma pocisk, do masy efektywnego proponowanego rozwiązania spełniającego założony poziom ochronności. Pomimo intensywnego rozwoju osłon kompozytowych, nadal podstawowym tworzywem pozostaje stal pancerna. Wynika to



↑ ... poddano je próbom na ostrzał amunicją kalibru 14,5 mm. Do kasety oddano sześć strzałów (dwie grupy po trzy pociski), prostopadle do powierzchni pancerza. Pancerz wykazał się 100-procentową skutecznością.

z łatwości technologii kształtowania, łączenia i recyklingu. Jednak zastosowane w polskim rozwiązaniu stale, to materiały nowej generacji, otrzymywane metodą próżniową, elektroizolową o różnorodnych składach chemicznych.

Wprowadzenie stali nowej generacji może spowodować obniżenie masy osłon przeciwdławowych, szczególnie dla istotnych fragmentów lub elementów konstrukcji pojazdów oraz osłon autonomicznych (jako dopancerzenie istniejących konstrukcji) dla poziomów 1-3. Nowe osłony będą konkurencyjne w stosunku do dotychczasowych rozwiązań. Przesłanki ku temu wynikają z uzyskania w ww. gatunkach stali niezwykle korzystnej nanostruktury, której wynikiem jest wysoka twardość przy zachowaniu wysokiej wytrzymałości na rozciąganie i jej korzystnej relacji do granicy plastyczności. ■

Fotografie w artykule: Janusz Walczak, Mikanit.

Małgorzata Wnuk jest właścicielką firmy Mikanit (dystrybucja materiałów termo- i elektroizolacyjnych dla przemysłu).



↑ Dodatkowe panele pancerza wieży *Rosomaka* opracowane przez firmę Mikanit. Ich zastosowanie powoduje zmniejszenie masy pancerza i zapewnia ochronę pancerza zasadniczego przed przebiciem.