

Cezary GALIŃSKI

PANCERZE REAKTYWNE I AKTYWNA OCHRONA BALISTYCZNA

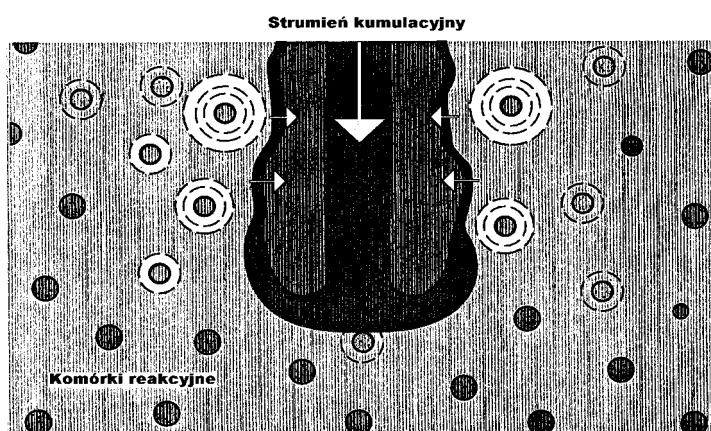
Streszczenie: Artykuł omawia zasady działania pancerzy reaktywnych i wybranych typów aktywnej ochrony balistycznej. Opracowany został w oparciu o materiały ze szkolenia Survivability of Armoured Vehicles.

1. WSTĘP

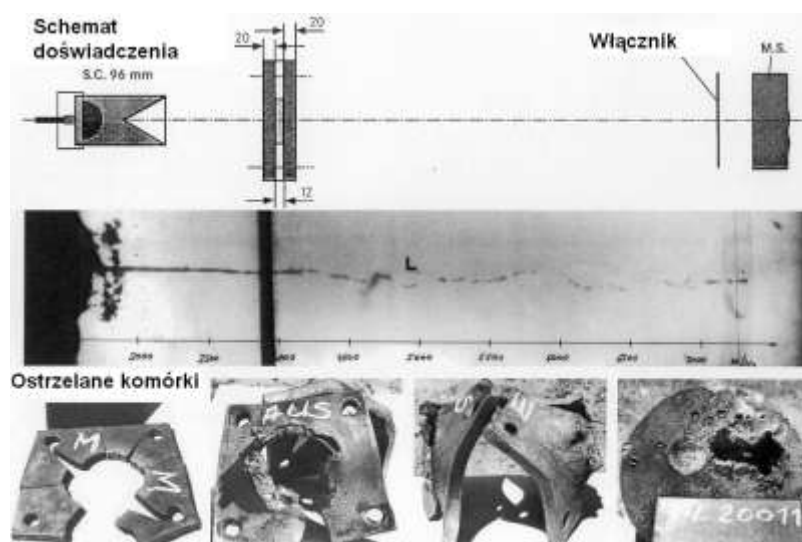
W historii ludzkich konfliktów szczególne znaczenie odgrywała zawsze konkurencja pomiędzy stosowanymi pociskami, a ochroną balistyczną. Szczególnego tempa konkurencja ta nabrała wraz z pojawieniem się, w czasach I wojny światowej, czołgów. Ich pancerz początkowo chronić miał załogę przed prostą bronią lufową małego kalibru i odłamkami artyleryjskimi. Rozwój broni przeciwpancernych bardzo szybko zwiększał wymagania co do skuteczności ochrony. Już w czasach drugiej wojny światowej stosowanie zwykłych pancerzy monolitycznych przestało być praktyczne. Prawie wszystkie opracowane później systemy ochrony balistycznej zapewniały zadziałanie „mechanizmu” zwielokrotniającego efektywność pancerza zasadniczego. Niniejszy artykuł omawia te z nich, których zasadą działania jest niszczenie pocisku zanim jeszcze dotrze on do celu. Zaprezentowane zostaną rozwiązania działające zarówno na niewielkim obszarze i w niewielkiej odległości od pancerza zasadniczego, jak i takie, które mają przechwytywać nadlatujący pocisk kilka a nawet kilkaset metrów od celu.

2. KOMÓRKI EKSPLOZYJNE

Najprostszym typem pancerzy reaktywnych są komórki reaktywne. Ideę ich działania przedstawia Rys. 1. W tym wyidealizowanym przypadku materiał wybuchowy jest zatopiony w odlewanym pancerzu stalowym. Penetrator przemieszczając się w głąb tego pancerza detonuje poszczególne komórki, co powoduje zasypywanie krateru. Jest to jednak przykład nadzwyczaj trudny z przyczyn technologicznych. Zazwyczaj więc komórki eksplozyjne wykonuje się w postaci kasetek ściśle osłaniających materiał wybuchowy. W momencie penetracji materiał ten eksploduje wytwarzając dużą ilość niejednorodnych produktów spalania. Produkty te zakłócają tor lotu fragmentów strumienia kumulacyjnego podobnie jak to czynią „osłonięte kolumny”. Dodatkowo jednak efekt ten jest wzmocniony przez oddziaływanie fal ciśnieniowych wokół i wewnątrz obłoku produktów eksplozji oraz zderzenia z fragmentami kasetek (Rys. 2).



Rys. 1. Idea działania komórek reakcyjnych.
(TDW)

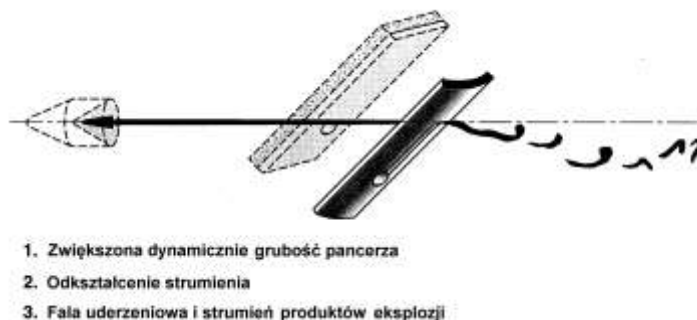


**Rys. 2. Rozproszenie strumienia kumulacyjnego przez komórki eksplozyjne.
(wg M.Held)**

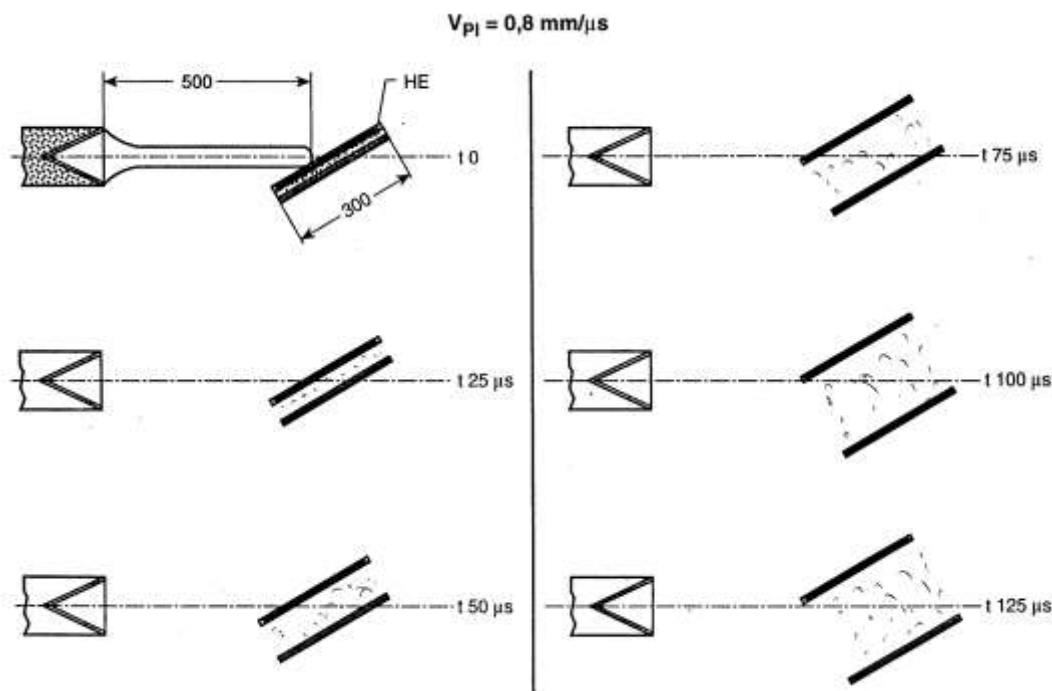
Komórki eksplozyjne są więc skuteczniejsze pod względem masowym od osłoniętych kolumn, a jednocześnie mają lepszą efektywność objętościową. Wadami komórek eksplozyjnych są: łatwość uszkodzenia elementów wyposażenia zewnętrznego chronionego pojazdu, oraz niebezpieczeństwo odbijania odłamków od wewnętrznej powierzchni chronionego przez nie pancerza zasadniczego.

3. DODATKOWE EKSPLOZYWNE PANCERZE REAKTYWNE

Dodatkowe eksplozywne pancerze reaktywne są najstarszą i najbardziej rozpowszechnioną odmianą tego typu ochrony balistycznej. Pewne doniesienia świadczą, że prace w tej dziedzinie były prowadzone w ZSRR już pod koniec II Wojny Światowej. Na zachodzie zostało ono odkryte po jednej z wojen izraelsko arabskich, kiedy to zaobserwowano, że strumień kumulacyjny po przebiciu pancerza czołgu T-55 z jednej strony prawie zawsze penetruje również pancerz z drugiej strony. Wyjątkiem jest przypadek, gdy strumień wywołał eksplozję amunicji. W tym przypadku wewnętrznej penetracji w ogóle nie było, albo była bardzo ograniczona. Wyciągnięto stąd wniosek, że materiał wybuchowy umieszczony między dwoma płytami pancerza w jakiś sposób zwielokrotnia ich własności ochronne. Dalsze badania wykazały, przedstawiony na Rys. 3 mechanizm tego zjawiska. Wierzchołek strumienia kumulacyjnego (Rys. 4)

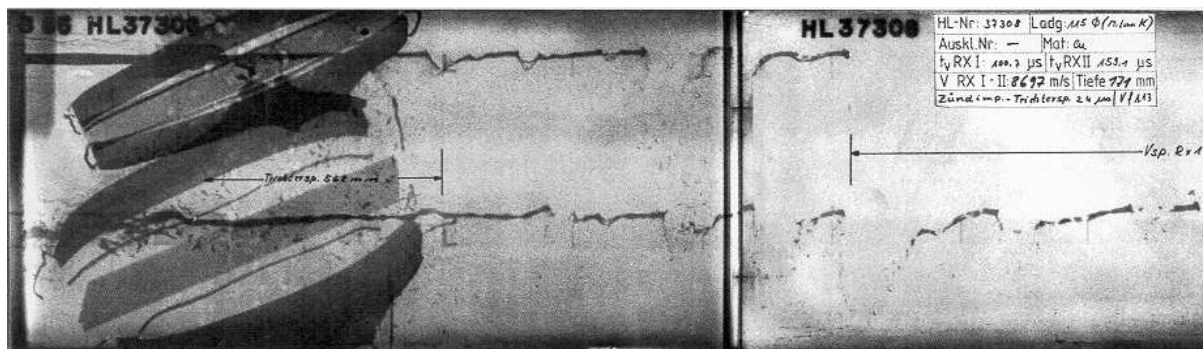


Rys. 3. Zasada działania pancerza ERA. (TDW)



**Rys. 4. Przykład interakcji płytki ERA z ładunkiem kumulacyjnym.
(Deutsche Aerospace)**

powoduje detonację materiału wybuchowego umieszczonego pomiędzy dwoma stosunkowo cienkimi okładzinami pancernymi. Pod wpływem eksplozji okładziny najpierw się odkształcają, równocześnie zasłaniając stworzony uprzednio otwór. Chwilę później okładziny rozdzielają się i przemieszczają. Przy odpowiednio dobranym pochyleniu górna okładzina



Rys. 5. Płytką ERA 140 s po aktywacji oraz 200 s po aktywacji. (TDW)

przemieszcza się do góry, w kierunku głowicy, dolna zaś w dół i w kierunku pancerza. Powoduje to zasłanianie pancerza zasadniczego ciągle nowym materiałem okładzin. Trwa to tak długo, aż okładziny nie wylecą z obszaru oddziaływania strumienia kumulacyjnego. Dowodami na taki właśnie przebieg opisywanego zjawiska mogą być zarówno zdjęcia rentgenowskie przedstawiające penetrację płytki ERA Rys. 5, jak również charakterystyczna postać zniszczenia okładziny w postaci rozcięcia od miejsca pierwotnego otworu, aż do krawędzi okładziny Rys. 6. Wynikają stąd proporcje wymiarów i pochylenia płytek. Przy małych wymiarach płytek duże ich pochylenie jest niekorzystne, okładziny takie zbyt szybko opuszczająby obszar penetracji i zapewniałyby zbyt słabą ochronę. Z drugiej strony małe

pochylenie powoduje, że okładziny przemieszczają się zbyt wolno w kierunku prostopadłym do strumienia aby ich nienaruszony materiał mógł całkowicie zastąpić uprzednio przebity, tym samym nie zapewniając wystarczającej ochrony dla pancerza zasadniczego. Sugerowałoby to iż najkorzystniejsze jest stosowanie dużych i mocno pochylonych płytek jak to czynią na przykład Izraelczycy. Niestety raz użyta płytka pancerza ERA nie zadziała ponownie, co oznacza, że ten fragment pancerza zasadniczego zostanie niechroniony. Jeżeli płytka ERA była duża to po jego aktywacji obszar niechroniony również będzie duży. Drugie trafienie nawet niedokładnie w to samo miejsce spowoduje już bezpośrednią penetrację pancerza zasadniczego. Z tego względu korzystniejsze wydaje się stosowanie małych i mniej pochylonych płytek i szukanie wzrostu efektywności innymi sposobami. Pierwszym ze



Rys. 6. Zniszczona okładzina płytki ERA. (TDW)

sposobów jest umieszczanie płytek w kasetkach. Nie zwiększa to co prawda bezpośrednio ich efektywności, ale poprawia niezawodność i minimalizuje efekty uboczne. Problemy z niezawodnością mogą się pojawić, jeśli pocisk jest tak skonstruowany, że przebija płytke ERA swoją osłoną nie aktywując jeszcze ładunku kumulacyjnego. W tym wypadku ładunek zostanie aktywowany dopiero po zniszczeniu płytki ERA. Jeżeli płytka ERA znajduje się wewnątrz kasetki to prawdopodobieństwo jej właściwej aktywacji jest większe. Jednym z efektów ubocznych działania płytek ERA jest odbijanie odłamków od wewnętrznej strony pancerza zasadniczego. Należy bowiem pamiętać, że tylna część płytki zderza się z pancerzem zasadniczym z energią zbliżoną do eksplozji ładunku burzącego. Dlatego też pancerza ERA nie można stosować w czołgach nie posiadających wykładzin przeciwoślankowych. Skutki aktywacji płytki ERA może również złągodzić dno kasetki w której została ona umieszczona.

Skutecznym sposobem poprawienia efektywności pancerza ERA jest umieszczanie w kasetce dwóch ustawionych względem siebie pod kątem płytek reaktywnych. Pierwsza z nich jest aktywowana szybciej, druga nieco później. Tylna część przedniej płytki zderza się z przednią częścią tylnej i obie zmieniają kierunek ruchu na przeciwny. Dzięki temu większa część powierzchni płytek może być wykorzystana do zasłaniania strumienia kumulacyjnego.

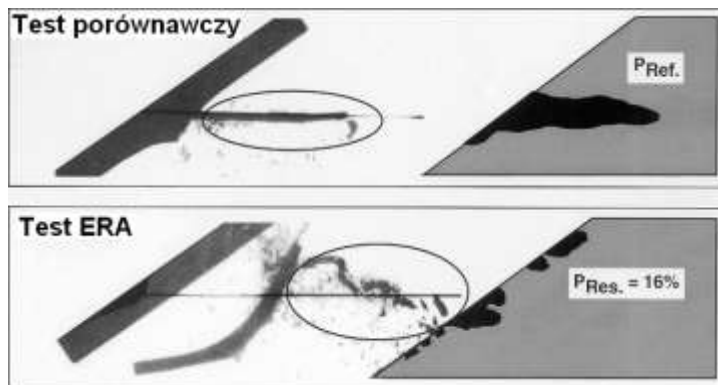
Na koniec warto wspomnieć, że nawet najlepiej zoptymalizowane płytki ERA nie zapewniają całkowitej ochrony obszaru znajdującego się za nimi również i z tego powodu, że niewielka część wierzchołka strumienia penetruje je nie doznając większego uszczerbku, co z kolei wywołuje pewną penetrację resztkową

4. INTEGRALNE EKSPLOZYWNE PANCERZE REAKTYWNE

Wadą dodatkowych płytek reaktywnych jest ich mała skuteczność przeciw pociskom rdzeniowym. Stosunkowo mała grubość okładzin nie pozwala na zerodowanie rdzenia w stopniu wystarczającym aby znacząco obniżyć jego zdolność penetracji. Dopiero zwiększenie grubości wykładzin pozwala przeciwdziałać pociskom rdzeniowym. W tym przypadku okładziny działają na zasadzie gilotyny, łamiąc rdzeń na mniejsze kawałki i wytrącając je z

ustalonego kierunku lotu jak na Rys. 7. Zasadniczą wadą takich pancerzy jest ich spora masa. Wymaga ona dużej ilości materiałów wybuchowych oraz powoduje bardzo duże zagrożenie w otoczeniu chronionego przez nie czołgu. Ponadto umieszczenie takiego pancerza w

charakterze pancerza dodatkowego znacznie zwiększyłoby moment bezwładności pojazdu. Z tych też powodów integralne pancerze reaktywne umieszcza się wewnątrz stałego opancerzenia czołgu. W takiej konstrukcji przednia płyta wraz z ewentualnym dodatkowym pancerzem reaktywnym służy do aktywacji prekursorów tandemowych pocisków kumulacyjnych. Za nią znajduje się komora wewnątrz której



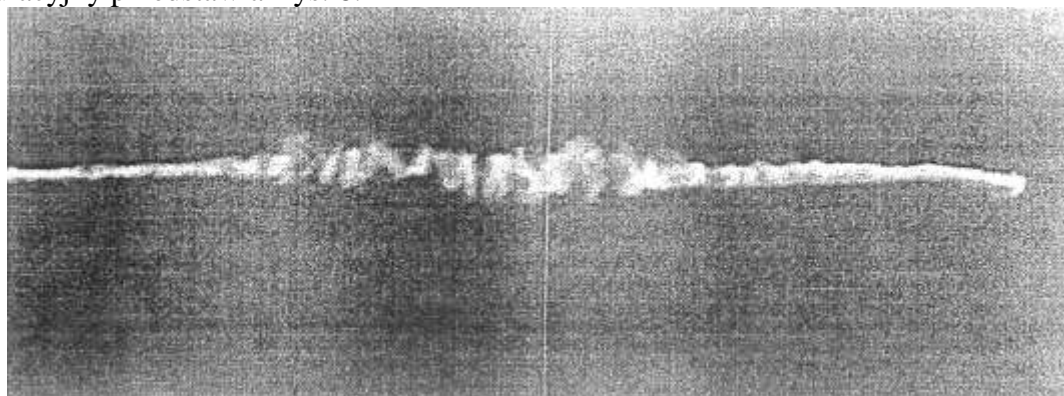
Rys. 7. Zniszczenie pocisku rdzeniowego przez integralny pancerz ERA. (TDW)

rozieszczony jest integralny pancerz reaktywny chroniący przed pociskami rdzeniowymi i zasadniczymi ładunkami kumulacyjnymi. Dopiero na końcu znajduje się pancerz zasadniczy osłonięty od tyłu wykładziną przeciwołamkową. Pancerz zasadniczy chroni tu wyłącznie przed penetracją resztkową i produktami działania poprzednich warstw pancerza.

Dużym problemem w tego typu pancerza jest dobranie odpowiedniego materiału wybuchowego.

5. ELEKTRYCZNE PANCERZE REAKTYWNE

Innym typem pancerzy reaktywnych są pancerze elektryczne. Najprostszy z nich działa na zasadzie bezpośredniego zwarcia okładzin kondensatora przez strumień kumulacyjny. Pancerz taki składa się z dwu przewodzących blach pancernych oddzielonych warstwą izolatora. Blachy podłączone są do naładowanego kondensatora o bardzo dużej pojemności. W momencie przebicia, strumień kumulacyjny zwiera kondensator poprzez płyty pancerne i ulega destabilizacji oraz rozproszeniu. Wpływ takiego pancerza na strumień kumulacyjny przedstawia Rys. 8.

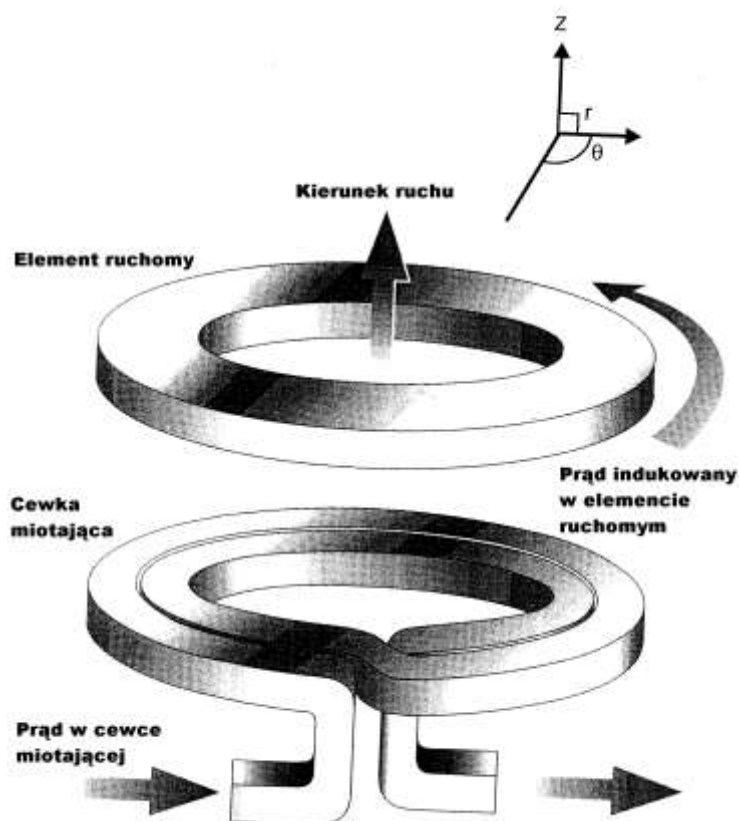


Rys. 8. Rozproszenie strumienia kumulacyjnego w wyniku zwarcia naładowanych elektrycznie okładzin pancerza reaktywnego. (wg J. Brown)

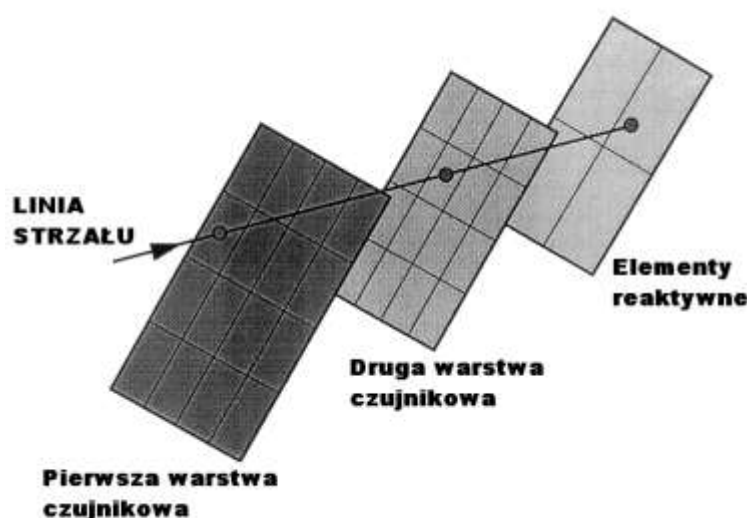
Bardziej zaawansowane metody elektrycznej ochrony balistycznej polegają na elektrotermicznym lub elektromagnetycznym wystrzeliwaniu elementów osłaniających

pancerz zasadniczy. W pierwszym wypadku konstrukcja pancerza jest zbliżona do konstrukcji pancerza eksplozyjnego. Różnica polega na zastąpieniu materiału wybuchowego innym materiałem roboczym (np. polietylen) z zatopionymi w nim przewodami topikowymi. W momencie zwarcia z kondensatorem o dużej pojemności przewody te wytwarzają bardzo dużo ciepła i topią się. Materiał roboczy również gwałtownie topi się i odparowuje, a przy tym rozpręża się. Gwałtowny przyrost objętości materiału roboczego wyrzuca w powietrze element ruchomy. W drugim przypadku pod elementem ruchomym umieszcza się cewkę (Rys. 9), która w momencie włączenia wytwarza silne pole magnetyczne. Pod wpływem tego pola element ruchomy zostaje wyrzucony w powietrze. Oba te systemy mogą równie skutecznie chronić przed pociskami rdzeniowymi jak i głowicami kumulacyjnymi.

Wymagają jednak wcześniejszego ostrzeżenia o zbliżającym się zagrożeniu. W tym celu opracowano kilka typów czujników powierzchniowych. Przy ich użyciu możliwe jest uruchomienie pancerza w ciągu zaledwie kilku mikrosekund, dzięki czemu cały system może zajmować nie więcej niż 0,5 m. Najprostszym typem czujnika jest folia poliestrowa z nadrukowanymi obwodami elektrycznymi dzielącymi powierzchnię pancerza na dyskretne obszary. Zniszczenie danego obszaru alarmuje o zagrożeniu. Umieszczenia dwu warstw takiego czujnika pozwala ponadto na obliczenie prędkości i trajektorii pocisku a nawet odróżnienie zagrożeń istotnych od nieistotnych. Prędkość jest wyliczana na podstawie opóźnienia pomiędzy uderzeniem w dwie kolejne warstwy, rozmiary zaś i trajektoria na



Rys. 9. Zasada działania elektromagnetycznego pancerza reaktywnego. (wg J. Brown)



Rys. 10. Zasada działania układu aktywującego elektryczny pancerz reaktywny. (wg J. Brown)

podstawie położenia i rozmiarów zniszczonych obszarów (Rys. 10). Na podobnej zasadzie działają siatki światłowodowe. W tym przypadku elementy ruchu pocisku oblicza się na podstawie przerwania ścieżek świetlnych w pękniętych światłowodach. Najbardziej zaawansowanymi czujnikami są plastikowe folie z piezoelektrycznego polidwulfuorku winylu (PVdF). Sygnał wytwarzany podczas uderzenia w taką folię może być skojarzony z fizycznymi rozmiarami pocisku, a prędkość przyrostu sygnału z jego prędkością. Niestety stosowanie tego typu pancerzy napotyka duże trudności techniczne. Jednym z nich jest zbudowanie kondensatorów o odpowiednio małych rozmiarach, masie i dużej pojemności oraz wytworzenie odpowiednio dużego ładunku elektrycznego, przez instalację pojazdu w warunkach bojowych. Dlatego też należy oczekiwać, że tego typu pancerze zdobędą popularność równocześnie z elektrycznymi systemami uzbrojenia.

Inną trudnością jest zapewnienie odporności na wilgoć takich systemów i wiążącego się z tym bezpieczeństwa załogi.

Ponadto konieczne jest dopracowanie metod szybkiego włączania wysokoprądowych (nawet do miliona amperów) obwodów elektrycznych

Niewątpliwą zaś zaletą w stosunku pancerzy eksplozywnych jest możliwość wyłączenia systemu ochrony w momencie gdy nie jest on potrzebny. Zwiększy to bezpieczeństwo w czasie obsługi, szkolenia i transportu.

6. AKTYWNA OCHRONA BALISTYCZNA

Najbardziej obiecującą wydaje się obecnie aktywna ochrona balistyczna. Skoro bowiem poprawianie ochrony przy pomocy coraz cięższego pancerza nie przynosi oczekiwanego rezultatu, to może lepiej w ogóle z niego zrezygnować lub ograniczyć na rzecz lżejszych systemów aktywnych. Dałoby to możliwość poprawienia mobilności i manewrowości chronionych pojazdów.

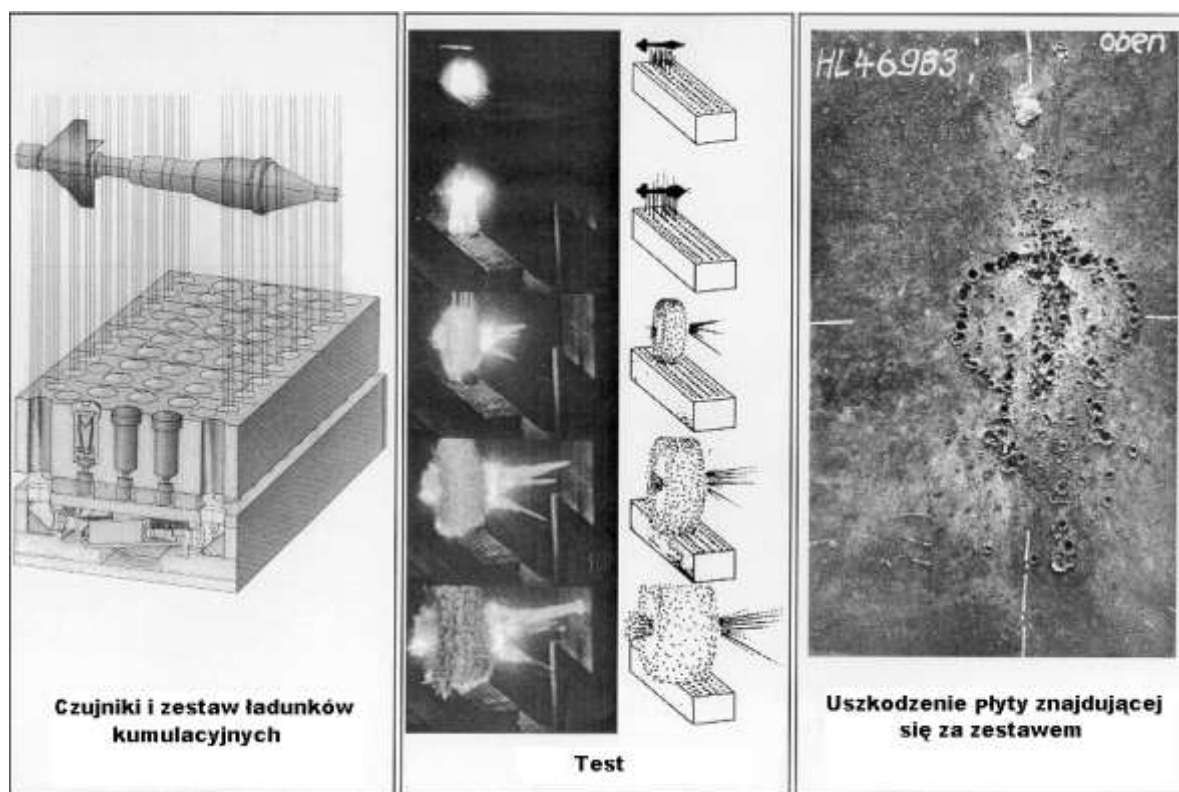
Ze względu jednak na ich zależność od elektroniki, zdolności przeszukiwania otoczenia i ostrzegania chronionego obiektu istnieje niebezpieczeństwo zakłócania i oszukiwania ich. Odrębnym problemem jest zagrożenie dla osób znajdujących się wokół pojazdu np. dla otaczającej go własnej piechoty.

Wyróżnia się trzy rodzaje aktywnej ochrony balistycznej: krótkiego, średniego i dalekiego zasięgu.

7. AKTYWNA OCHRONA BALISTYCZNA KRÓTKIEGO ZASIĘGU

Mianem aktywnej ochrony balistycznej krótkiego zasięgu określa się systemy niszczące nadlatujące pociski w bezpośrednim otoczeniu pojazdu. Przykład systemu tego rodzaju jest pokazany na Rys. 11. System ten składa się, z umieszczonych na pancerzu pakietów czujników i małych, gęsto rozmieszczonych ładunków kumulacyjnych oraz procesora aktywującego. W momencie gdy pocisk zbliża się do pojazdu jest wykrywany przez zestaw czujników. Na podstawie dostarczonych przez nie danych procesor wylicza elementy ruchu pocisku a następnie aktywuje ładunki kumulacyjne znajdujące się w odpowiednim obszarze pancerza, w chwili gdy pocisk przelatuje bezpośrednio nad nimi. Wytworzone obronne strumienie kumulacyjne trafiają w pocisk penetrując jego osłonę i uszkadzając wewnątrz. Ponieważ ładunek kumulacyjny musi być idealnie symetryczny aby wytworzyć prawidłowy strumień, więc po uszkodzeniu i zakłóceniu symetrii atakujący strumień będzie bardzo rozproszony. Po rozproszeniu ładunek ten nie będzie już groźny dla pancerza.

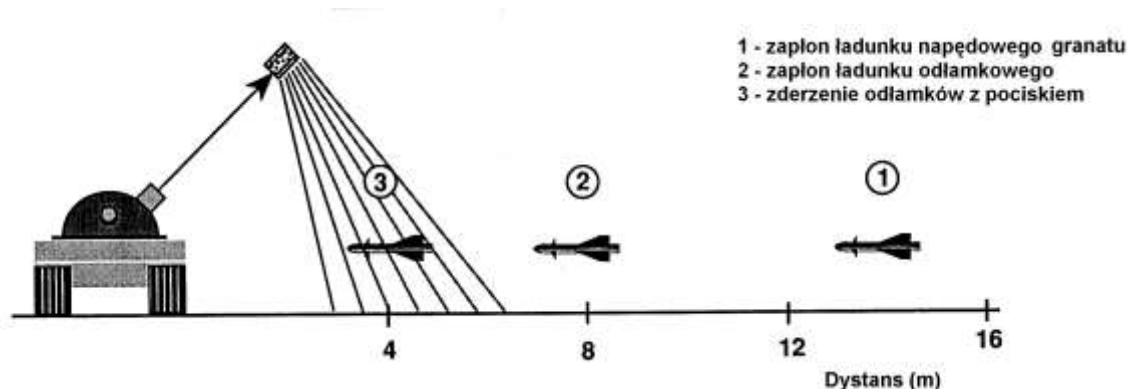
Wadą takich systemów jest fakt, że pocisk zostaje uszkodzony tuż obok pancierza i mimo wszystko w pancierz ten uderza. Oznacza to, że pancierz najprawdopodobniej nie zostanie zniszczony, ale przynajmniej częściowo uszkodzony. Ponadto nie da się uniknąć pewnych uszkodzeń wyposażenia zewnętrznego pojazdu a prawdopodobnie również powstania odłamków pod pancierzem.



**Rys. 11. Jedna z koncepcji systemu aktywnej ochrony balistycznej krótkiego zasięgu.
(wg M. Held)**

8. AKTYWNA OCHRONA BALISTYCZNA ŚREDNIEGO ZASIĘGU

W odróżnieniu od aktywnej ochrony bliskiego zasięgu tym razem zakłada się możliwość zniszczenia pocisku kilka metrów od pojazdu. Eliminuje to niebezpieczeństwo uszkodzenia pojazdu, ale zwiększa zagrożenie dla osób znajdujących się wokół. Ponadto czujniki muszą wykryć pocisk w znacznie większej odległości, a przeciw pocisk musi się znaleźć w ściśle określonym miejscu i czasie, aby móc pocisk uszkodzić. Rodzi to spore wątpliwości dotyczące niezawodności takiego systemu wynikającej z aktualnych możliwości technicznych. Przykładem takiego systemu jest rosyjska ARENA, której ogólny schemat przedstawia Rys. 12.

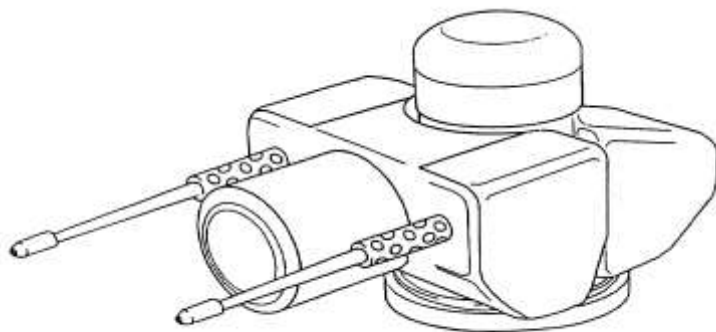


Rys. 12. Zasada działania systemu aktywnej ochrony balistycznej średniego zasięgu ARENA

W rozwiązaniu tym wokół wieży zamontowane są sterowane komputerowo wyrzutniki granatów odłamkowych. W pierwszej fazie czujniki wykrywają zbliżający się pocisk i badają jego elementy ruchu a następnie wyliczają który z granatów i kiedy należy wystrzelić, aby pocisk znalazł się w jego polu rażenia. W drugiej fazie system czeka, aż pocisk znajdzie się w odpowiednim miejscu przed pojazdem i z odpowiednim wyprzedzeniem wystrzeliwuje granat. W trzeciej fazie granat eksploduje wytwarzając odłamki. W tym samym czasie pocisk dolatuje do strefy rażenia granatu i zostaje uszkodzony. Istnieje przy tym duże prawdopodobieństwo nie tylko uszkodzenia samego ładunku, ale również układu sterowania i napędowego pocisku. Ponadto penetrujące ładunek odłamki mają dużą szansę aktywować ładunek kumulacyjny w odległości znacznie większej niż jego odległość optymalna. Oznacza to, że jeśli nawet strumień kumulacyjny pocisku powstanie, to najprawdopodobniej nie trafi w pojazd, a w najgorszym razie nie będzie w stanie uszkodzić jego pancerza.

9. AKTYWNA OCHRONA BALISTYCZNA DALEKIEGO ZASIĘGU

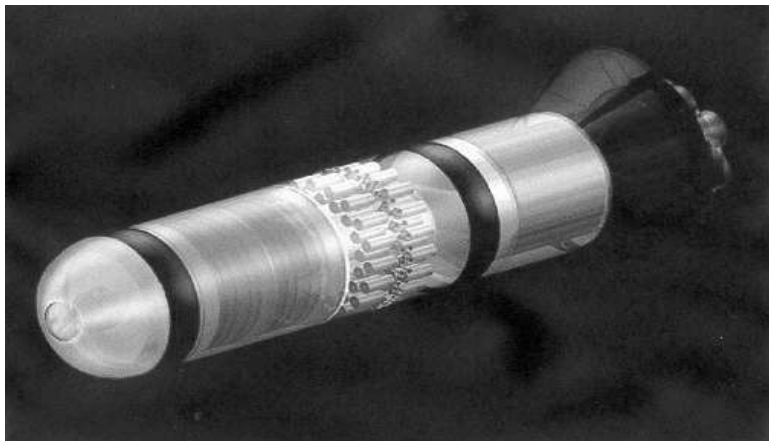
Najbardziej skutecznym rodzajem ochrony balistycznej będzie najprawdopodobniej ochrona dalekiego zasięgu. W przypadku gdyby udało się stworzyć system wyposażony w czujniki o odpowiednim zasięgu i wystarczającej pewności trafienia w pocisk, to nie mógłby on wyrządzić chronionemu pojazdowi żadnej szkody. Ponadto duża odległość, w jakiej miałyby być niszczone pociski nie stwarzałyby tak dużego zagrożenia dla osób znajdujących się w bezpośrednim otoczeniu pojazdu. Jako przykłady można tu podać system TAMS



Rys. 13. Wieżyczka systemu TAMS firmy Marconi. (TDW)

opracowany przez firmę Marconi lub amerykański program SLID. W pierwszym z nich (Rys. 13) wieżyczka jest wyposażona w zestaw czujników, komputer i dwa karabiny maszynowe. Po wykryciu pocisku wieżyczka obraca się naprowadzając karabiny na cel. W momencie, gdy pocisk znajdzie się w odległości skutecznego strzału karabiny są uruchamiane i strzelają aż do momentu

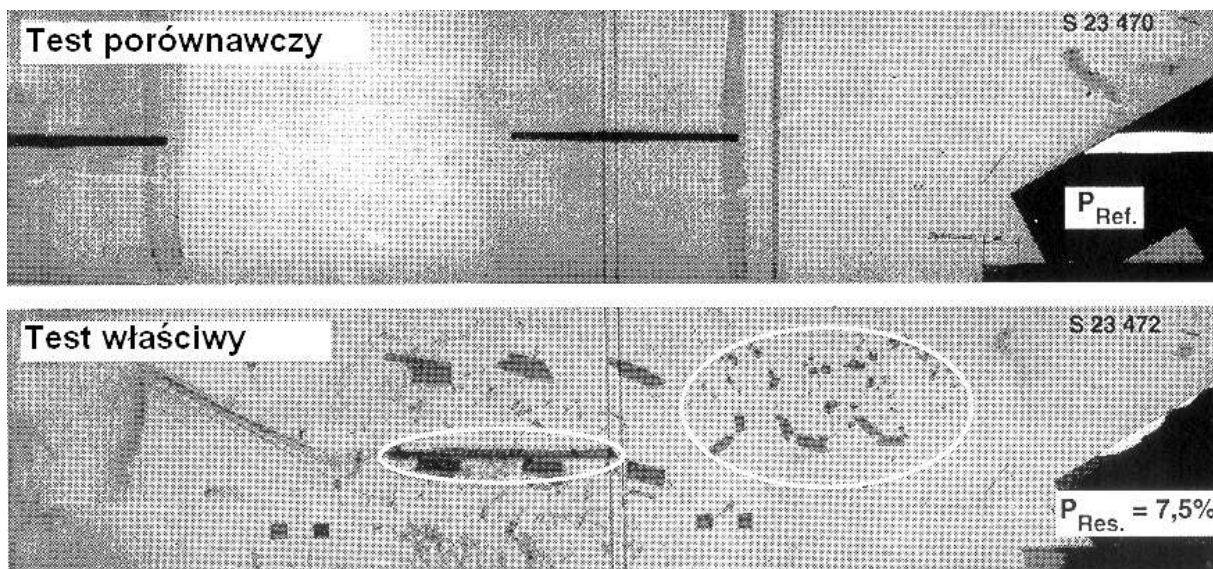
zniszczenia pocisku. System ten jest, więc nieco podobny do okrętowego systemu przeciwlotniczego Ryttheon Phalanx.



Rys. 14. Przeciwpocisk systemu SLID. (Boeing)

W przypadku systemu amerykańskiego na ruchomej wieżycie znajduje się wyrzutnia z małymi samonaprowadzającymi się przeciwpociskami (Rys. 14). Po wykryciu pocisku przeciwpocisk zostaje wystrzelony i podąża w jego kierunku. W odpowiednim momencie aktywowany zostaje jego ładunek, który niszczy pocisk. Na zakończenie warto dodać, że aktywna ochrona balistyczna jest stosunkowo prosta w przypadku ładunków kumulacyjnych. Do ich

zniszczenia wystarczy przeciwpocisk z ładunkiem odłamkowym. Losowe trafienie nawet niewielką ilością niewielkich odłamków może pocisk unieszkodliwić. Dużo trudniejsze jest zwalczanie pocisków rdzeniowych. Do zniszczenia bowiem takiego pocisku konieczne jest równoczesne trafienie kilku stosunkowo masywnych elementów systemu ochronnego. Przykład próby takiego przeciwdziałania pokazany jest na Rys. 15.



Rys. 15. Próba zniszczenia pocisku rdzeniowego trzema segmentami pancerza aktywnego. (Deutsche Aerospace)

W tym przypadku do zniszczenia pocisku rdzeniowego użyto trzech stosunkowo dużych i wytrzymałych elementów pancerza aktywnego, które uderzając od spodu pokruszyły pocisk na mniejsze, rozdrobnione elementy.

10. PODSUMOWANIE

Biorąc pod uwagę nieskuteczność panczerzy pasywnych w przeciwdziałaniu współczesnym złożonym zagrożeniom, wydaje się, że przyszłe pojazdy bojowe będą musiały być wyposażone w elementy aktywnej ochrony balistycznej. Zjawisko to obserwuje się już współcześnie na przykładzie powszechnego użycia panczerzy reaktywnych. Należy przy tym przewidywać dalszy rozwój broni przeciwpancernych, których wymusi dalsze upowszechnienie i rozwój ochrony aktywnej.

11. LITERATURA

- [1] HELD M.: Materiały ze szkolenia "Survivability of Armoured Vehicles", RMCS, Cranfield University, 5-7.03.2001.
- [2] OGORKIEWICZ R.M.: Materiały ze szkolenia "Survivability of Armoured Vehicles", RMCS, Cranfield University, 5-7.03.2001.
- [3] HELD M.: "Sensor-Fuzed Active Defence Systems", Seminarium "Trends in Weapon Development in the 21st Century", Bruksela, 03-05.05.2001.
- [4] BROWN J.: "Electrical Propulsion and Protection of Land Assets", Seminarium "Trends in Weapon Development in the 21st Century", Bruksela, 03-05.05.2001.
- [5] HELD M.: "Summary of Hardkill Defensive Aids Systems", Iind European Armoured Fighting Vehicle Symposium, Shrivenham, 1997.
- [6] HELD M.: "Armour", 14th International Symposium on Ballistics, Quebec, 26-29.09.1993.
- [7] OGORKIEWICZ R.M.: "Active protection for fighting vehicles", Jane's Defence Weekly, 20.04.1985.
- [8] Materiały firm: EADS, Daimler Chrysler Aerospace, Deutsche Aerospace, Boeing, Marconi, MBB.

12. PODZIĘKOWANIA

Autor składa podziękowania prof. dr Manfredowi Heldowi z EADS Daimler Chrysler Aerospace TDW dr Schrobenhausen za udostępnienie materiałów dzięki którym mogła powstać niniejsza publikacja.

REACTIVE ARMOUR AND ACTIVE ANTI-BALLISTIC DEFENCE

Abstract: The paper discusses principles of operation of reactive armour and selected types of active anti-ballistic defence. The paper is based on "Survivability of Armoured Vehicles" training materials.

Recenzent: dr inż. Roman BOGUCKI