

PROJEKT KONCEPCYJNY POCISKU UDERZENIOWEGO O DZIAŁANIU ODŁAMKOWO-BURZĄCYM

W artykule przedstawiono projekt koncepcyjny pocisku uderzeniowego o działaniu odłamkowo-burzącym na bazie 125 mm przeciwpancernego pocisku podkalibrowego BM-15. Pocisk ten, nie zawierający materiału wybuchowego w chwili uderzenia w cel wywołuje zniszczenia zbliżone do wybuchu pocisku odłamkowo-burzącego.

1. Wstęp

Amunicja odłamkowo-burząca wchodząca w skład jednostki ognia wozów bojowych do niedawna była traktowana drugoplanowo. Podstawowym rodzajem amunicji były naboje z pociskami przeciwpancernymi. Aktualnie, doświadczenia z konfliktów lokalnych, spowodowały, że naboje z pociskami odłamkowo-burzącymi stanowią coraz większą część jednostki ognia czołgu. W związku z powyższym dąży się do skonstruowania pocisków o działaniu odłamkowo-burzącym, które posiadałyby zadowalającą siłę rażenia oraz były maksymalnie bezpieczne w obsłudze.

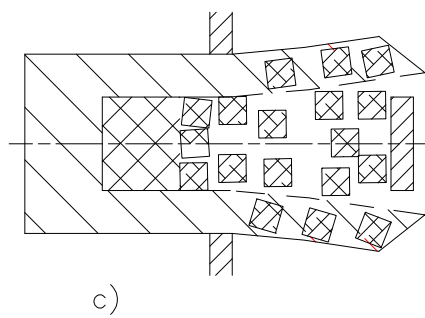
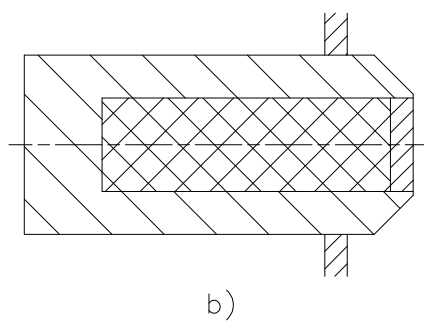
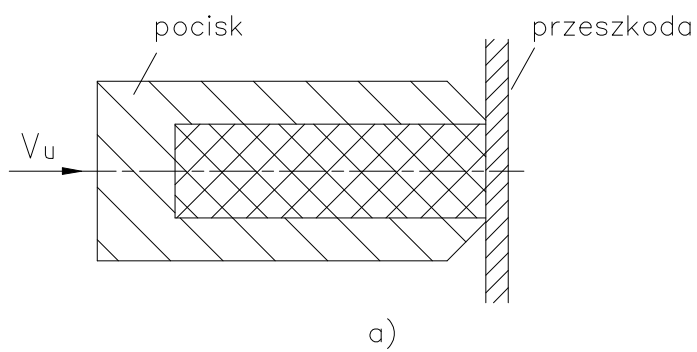
Spełnienie powyższych założeń może być zrealizowane przez zbudowanie pocisku nie zawierającego materiału wybuchowego. W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję pocisku uderzeniowego powodującego w chwili uderzenia w cel efekt burzący i odłamkowy.

2. Zasada działania pocisku uderzeniowego o działaniu odłamkowo - burzącym

W pocisku kinetycznym o działaniu odłamkowo-burzącym wykorzystuje się do wywołania „quasi wybuchu” efekty dynamiczne występujące w momencie uderzenia w przeszkodę. Zasada działania i schematyczna budowa pocisku przedstawione są na rys. 1.

Zewnętrzna część pocisku stanowi cylinder wykonany z materiału o wysokiej gęstości. Natomiast wewnątrz cylindra znajduje się materiał o znacznie mniejszej masie właściwej. W momencie uderzenia cylinder, posiadający ze względu na dużą masę wysokie zdolności penetracyjne, wcina się w materiał przeszkody.

Na powstały „krążek” uderza rdzeń pocisku w wyniku czego pojawiają się obciążenia dynamiczne w materiale rdzenia. Naprężenia ściskające powstałe w odkształcalnym materiale generują naprężenia promieniowe oddziaływujące na ścianki cylindra. Wywołane nimi obciążenie, przekraczające wytrzymałość ścianek cylindra, powoduje rozerwanie cylindra, podobnie jak materiał wybuchowy w klasycznych pociskach odłamkowo-burzących, a powstałe odłamki wyrzucane są z dużą prędkością w kierunku prostopadłym do tworzącej cylindra.



Rys.1 Zasada działania kinetycznego pocisku odłamkowo-burzącego
(a – pocisk w momencie zetknięcia się z przeszkodą,
b – pocisk przebijający przeszkodę, c – fragmentacja pocisku).

3. Określenie stanu naprężeń w momencie uderzenia pocisku w przeszkodę

W momencie uderzenia pocisku w przeszkodę energia kinetyczna rdzenia pocisku przekształcana jest w energię odkształcenia postaciowego elementów biorących udział w zderzeniu.

Dla określenia naprężeń powstających w rdzeniu przyjmujemy, że w rdzeń uderza z prędkością pocisku wycięty krążek przeszkody.

Przekazana energia kinetyczna wyraża się zależnością:

$$E_K = \frac{1}{2}(m + q_r)V_1^2 ,$$

gdzie: - V_1 - prędkość wspólna rdzenia i przeszkody po zderzeniu,

- m - masa przeszkody,

- q_r - masa rdzenia zredukowana

$$q_r = \alpha q,$$

gdzie: α - współczynnik (=1/3),

q - masa rdzenia;

Energia potencjalna odkształcenia sprężystego rdzenia U określona jest równaniem:

$$U = \frac{\delta_d^2}{2\delta_{st}}mg$$

gdzie: - δ_d - odkształcenie dynamiczne,

- δ_{st} - odkształcenie statyczne.

Energia kinetyczna uderzenia jest równa energii odkształcenia sprężystego rdzenia:

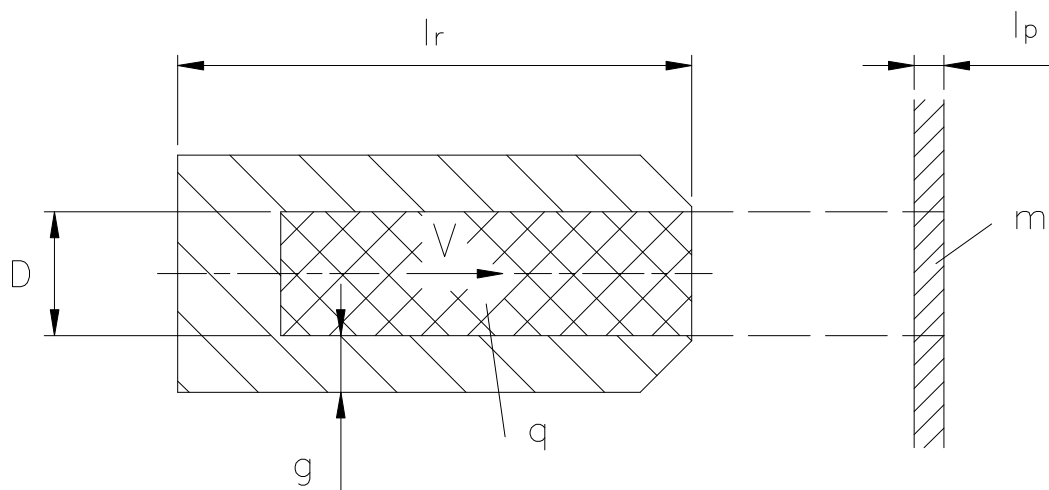
$$E_K = U ,$$

po wstawieniu

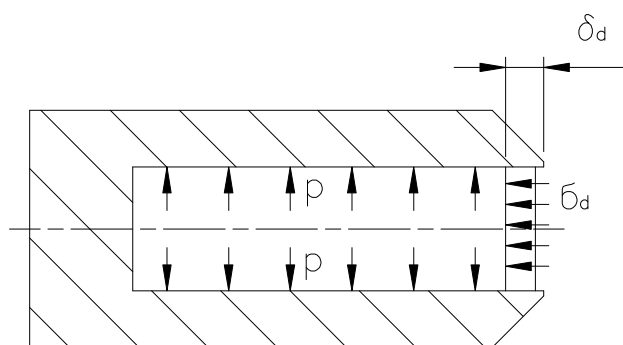
$$V_1 = \frac{V}{1 + \frac{q_r}{m}} ,$$

otrzymujemy:

$$\frac{1}{2}m \frac{V^2}{1 + \alpha \frac{q}{m}} = \frac{\delta_d^2}{2\delta_{st}}mg$$



Pocisk przed uderzeniem w przeszkodę



Stan naprężeń w elementach pocisku po uderzeniu w przeszkodę

Rys. 2. Stan naprężeń w pocisku kinetycznym.

Po przekształceniach odkształcenie dynamiczne wyraża się zależnością:

$$\delta_d = \delta_{st} \sqrt{\frac{V^2}{g \delta_{st} \left(1 + \alpha \frac{q}{m}\right)}}$$

Można także zapisać:

$$\delta_d = \delta_{st} K_d,$$

gdzie :

$$K_d = \sqrt{\frac{V^2}{g \delta_{st} \left(1 + \alpha \frac{q}{m}\right)}}$$

$$\delta_{st} = \frac{mgl}{EA},$$

natomiast:

E - moduł sprężystości materiału rdzenia,

A – powierzchnia przekroju poprzecznego rdzenia.

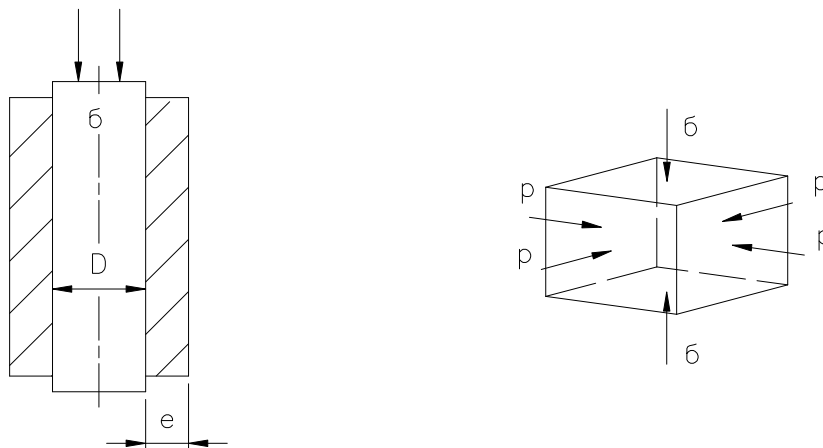
Analogicznie naprężenia dynamiczne :

$$\sigma_d = \sigma_{st} K_d$$

gdzie:

$$\sigma_{st} = \frac{mg}{A}.$$

Dynamiczne naprężenia ściskające występujące w materiale rdzenia w momencie uderzenia powodują odkształcenia w kierunku promieniowym i powstanie naprężeń rozciągających. Odkształcający się rdzeń oddziałuje na ścianki obudowy z ciśnieniem p .



Rys. 3. Oddziaływanie rdzenia na ścianki obudowy.

Odkształcenie jednostkowe rdzenia w kierunku promieniowym określa wyrażenie:

$$\varepsilon_r = \frac{1}{E_1} [-p - \nu(-p - \sigma)],$$

gdzie:

p – ciśnienie na ścianki obudowy,
 E_1 – moduł sprężystości materiału rdzenia,
 ν – moduł sprężystości poprzecznej.

Odształcenia obwodowe obudowy określone są następująco:

$$\varepsilon_o = \frac{\sigma_o}{E_2} = \frac{pD}{2eE_2}$$

gdzie:

D – średnica rdzenia,
 e – grubość obudowy,
 E_2 – moduł sprężystości materiału obudowy.

Ponieważ:

$$\varepsilon_o = \varepsilon_r \quad \text{to:}$$

$$\frac{pD}{2eE_2} = \frac{1}{E_1} [-p - \nu(-p - \sigma)]$$

Ciśnienie na ścianki obudowy można wyznaczyć jako:

$$p = \frac{\nu\sigma}{\frac{DE_1}{2eE_2} + (1 - \nu)}$$

Natomiast naprężenia obwodowe określa zależność:

$$\sigma_o = \frac{pD}{2e} .$$

4. Obliczenia naprężeń dynamicznych w rdzeniu i obudowie pocisku

Obliczenia przeprowadzono dla pocisku zbudowanego na bazie przeciwpancernego pocisku podkalibrowego do 125 mm armaty czołgowej 2A46 typu BM15.

W obliczeniach założono:

prędkość pocisku w momencie uderzenia w przeszkodę - 1500 m/s,
rodzaj przeszkody – blacha ze stopu aluminium o grubości 10 mm,

średnica pocisku - 42 mm,
średnica rdzenia - 36 mm,
materiał obudowy – stal 35HGM,
materiał rdzenia – stop duraluminium PA7,
długość rdzenia - 60 mm,
moduł sprężystości materiału rdzenia $E1 = 72000 \text{ MPa}$,
moduł sprężystości materiału obudowy $E2 = 210000 \text{ MPa}$,
moduł sprężystości poprzecznej $\nu = 0,33$

Wyniki obliczeń są następujące:

odkształcenie statyczne $\delta_{st} = 2,1 \times 10^{-8} \text{ cm}$;
naprężenia statyczne $\sigma_{st} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ N/cm}^2$;
współczynnik dynamiczny $K_d = 1,975 \times 10^7$;
naprężenia dynamiczne ściskające rdzeń $\sigma_d = 4940 \text{ MPa}$;
ciśnienie dynamiczne działające na ścianki obudowy $p = 597 \text{ MPa}$;
obwodowe naprężenia dynamiczne w ściance obudowy $\sigma_o = 3600 \text{ MPa}$.

Wytrzymałość materiału pocisku BM 15, na bazie którego wykonany jest projekt pocisku kinetycznego , na rozciąganie wynosi $R_m = 150 \text{ kG/mm}^2$ (1500 MPa). Przyjmując, że umocnienie materiału poddanego obciążeniom dynamicznym może sięgać nawet dwukrotnej wartości wytrzymałości statycznej, powinno nastąpić rozerwanie pocisku w momencie uderzenia w przeszkodę.

5. Projekt modelu pocisku uderzeniowego o działaniu odłamkowo-burzącym do 125 mm armaty 2A46

Na podstawie przeprowadzonych powyżej analiz i obliczeń zaprojektowany został model pocisku uderzeniowego o działaniu odłamkowo-burzącym do 125 mm armaty czołgowej 2A46 będącej uzbrojeniem czołgów rodziny T-72 i PT-91.

Model powstał na bazie przeciwpancernego pocisku podkalibrowego BM-15. Pociski te są aktualnie podstawowym rodzajem pocisków przeciwpancernych stosowanych w Siłach Zbrojnych RP. W najbliższym okresie powinny być wycofane z uzbrojenia z uwagi na ich niedostateczną zdolność przebijania pancerzy współczesnych czołgów średnich. Z tego względu można wykorzystać ich elementy do budowy pocisków uderzeniowych o działaniu odłamkowo-burzącym, uzyskując zarówno obniżenie kosztów nowej amunicji jak również unikając kosztów utylizacji zbędnych zapasów przestarzałych środków bojowych.

Na rysunku 4 przedstawiony jest kadłub 125 mm podkalibrowego pocisku kinetycznego o działaniu odłamkowo-burzącym. W obudowie wykonany jest otwór o średnicy 36 mm, w którym umieszczony jest rdzeń ze stopu aluminium. W celu zmniejszenia oporów aerodynamicznych w czasie lotu pocisku zastosowano czepiec balistyczny z cienkiej blachy stalowej. Rysunek 5 przedstawia kompletny pocisk podkalibrowy składający się z kadłuba z zamontowanym stabilizatorem brzechwowym i sabotu, który oddziela się od pocisku po wylocie z lufy.

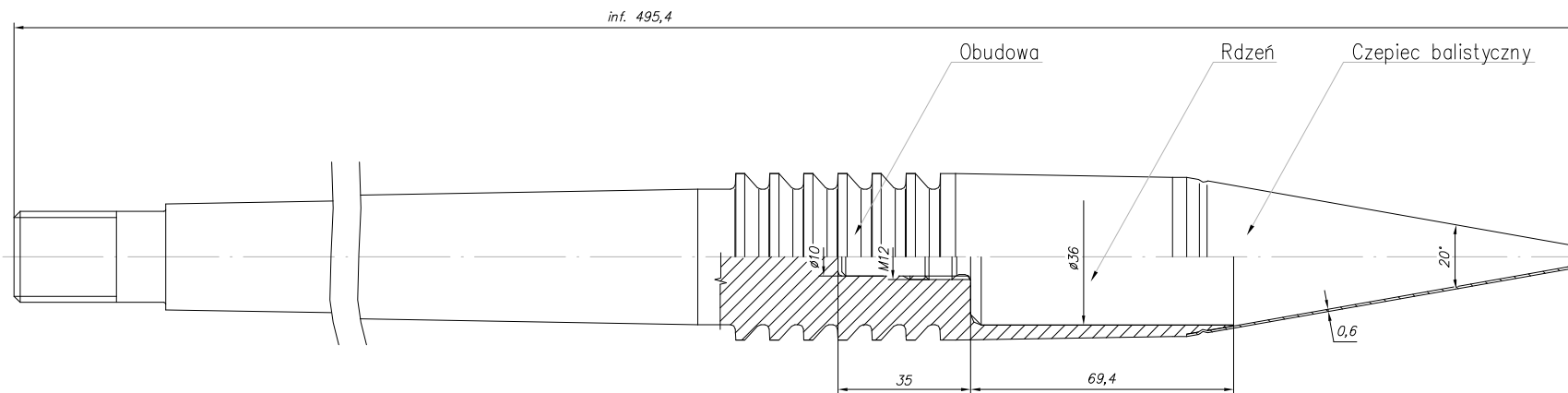
6. Podsumowanie

Z przedstawionych powyżej prac studyjnych nad kinetyczną amunicją odłamkowo-burzącą wynikają następujące wnioski:

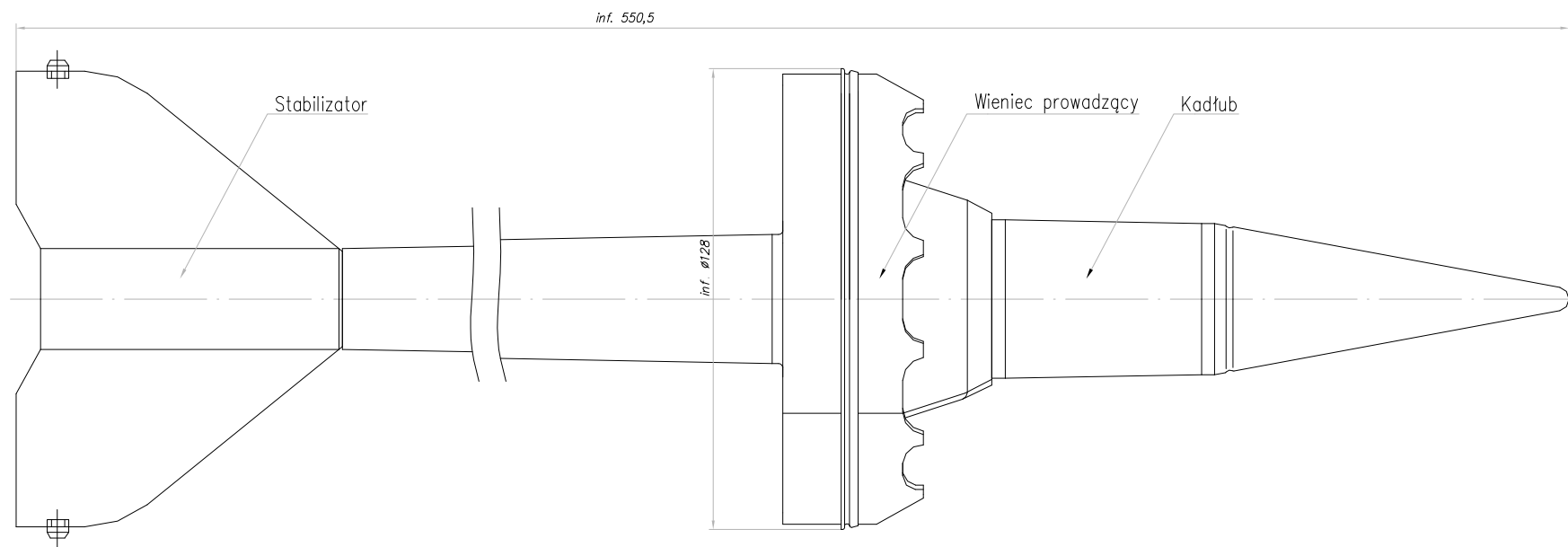
1. W najbliższych latach amunicja „małowrażliwa” stanie się najprawdopodobniej jednym z podstawowych typów użytkowanych w siłach zbrojnych. Wymagania aby zmagazynowane naboje zarówno znajdujące się w składach, jak również wchodzące w skład jednostki ognia wozów bojowych, nie stanowiły zagrożenia, a przynajmniej zmniejszały ryzyko wystąpienia masowych wybuchów sprawiają, że poszukuje się coraz bardziej bezpiecznych rozwiązań.
2. Argumentem przemawiającym za stosowaniem amunicji kinetycznej jest także dążenie do zminimalizowania zniszczeń „towarzyszących” w czasie walk w terenach zurbanizowanych i gęsto zaludnionych w celu ochrony ludności cywilnej.
3. Wykonane analizy i prace projektowe wykazują możliwość skonstruowania na bazie przeciwpancernego pocisku podkalibrowego BM15 (wycofywanego z uzbrojenia z uwagi na małe zdolności przebijania pancerza współczesnych czołgów) pocisku uderzeniowego o działaniu odłamkowo-burzącym

Literatura

- [1] Borngen L., Stein W., PELE Firing Results, NDIA – Conference & Exhibition, New Orleans, April 2005.
- [2] Pankowski Z.-Nowe trendy w rozwoju amunicji odłamkowo-burzącej, PTU 4/2006.
- [3] PELE – The New Ammunition Generation – materiały firmy DIEHL BGT Defence.
- [4] Rheinmetal demonstrates low-cost urban tank round, JDR, February 2004.



Rys.4 Kadłub 125 mm podkalibrowego pocisku kinetycznego o działaniu odłamkowo-burzącym



Rys.5 125 mm podkalibrowy pocisk kinetyczny o działaniu odłamkowo-burzącym