

prof. dr hab. inż. Aleksander NAKONIECZNY dr h.c.
mgr inż. Wojciech DĄBROWSKI
mgr inż. Jerzy CHYTŁA
mgr inż. Maciej DRZYMAŁA
Instytut Mechaniki Precyzyjnej

WYBRANE ZAGADNIENIA WSPÓŁPRACY PIERŚCIENI WIODĄCYCH AMUNICJI Z PRZEWODEM LUFY W MAŁOKALIBROWEJ BRONI GRANATNIKOWEJ W KALIBRACH 25÷40 MM

Streszczenie: Referat opisuje założenia projektu badawczego podejmującego zagadnienie poprawy współpracy pierścieni wiodących pocisków broni granatnikowej z lufą. Omówiono wyniki badań nad możliwością wykorzystania znanych technologii nakładania warstwy stopów miedzi do wytwarzania miedzianych pierścieni wiodących na aluminiowym pocisku. W dalszej części przedstawione zostały rozwiązania proponowane w zakresie poprawy technologii wytwarzania wkładek fragmentujących, możliwe do wykorzystania zarówno w obecnie stosowanej amunicji jak i w nowo projektowanych. Ostatnim poruszonym zagadnieniem są wyniki badań nad wykorzystaniem tworzyw sztucznych do wytwarzania zarówno pierścieni wiodących jak i całych elementów amunicji granatnikowej.

Słowa kluczowe: amunicja granatnikowa, pierścienie wiodące, tworzywa sztuczne

SELECTED ASPECTS OF COOPERATION OF ROTATING BAND WITH BARREL'S DUCT IN 25-40 MM GRENADE LAUNCHERS

Abstract: The paper describes assumptions of research project taking on an issue of improvement cooperation of rotating band with a barrel of a grenade launcher. Discusses the results of study on possibilities of utilizing known technologies of depositing layers of copper alloys to manufacturing rotating bands made of copper. In the following part there are presented solutions which are proposed to improve production technology of fragmentation liner. New solutions are possible to use both in new projects and in ammunition which is currently in use as well. The last issue which was describe are results of studies on possibilities of utilizing plastics for manufacturing not only rotation bands, but also full parts of grenade ammunition.

Keywords: grenade ammunition, plastics, rotating bands

1. Wprowadzenie

Problem właściwej współpracy pocisku z lufą pojawił się przy opracowywaniu 40mm amunicji do granatnika automatycznego. Wykonane prace wskazały na potrzebę głębszego przeanalizowania problemu, którego wyniki umożliwiłyby odstępianie od dotychczasowego rozwiązania w którym zarówno skorupa pocisku jak i lufa wykonywane były ze stopów aluminium.

W chwili obecnej należy zwrócić uwagę na wzrastające znaczenie broni granatnikowej w taktyce działań bojowych. Nowe kierunki rozwoju zakładają wprowadzenie samopowtarzalnego granatnika małokalibrowego wyposażanego w „inteligentną” amunicję z programowanymi zapalnikami. Pojawia się zatem nowy rodzaj amunicji, wymagający stosowania również nowych materiałów i technologii. Ocenia się, że nowy system uzbrojenia zapewni znaczny wzrost skuteczności w stosunku do obecnie użytkowanego uzbrojenia strzeleckiego. Analizując możliwości nowego systemu pierwszym nasuwającym się wnioskiem jest stwierdzenie, że spowoduje to znaczny wzrost zapotrzebowania na amunicję granatnikową.

W takiej sytuacji problemy technologii oraz kosztów wytwarzania stają się zagadnieniem pierwszoplanowym. W tym aspekcie stało się uzasadnione rozpoczęcie prac badawczo-rozwojowych o charakterze wyprzedzającym, obejmujących omawianą amunicję.

2. Dotychczasowe rozwiązania

W latach 70 i 80 ubiegłego stulecia w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej opracowano i badano szereg rozwiązań układu lufa pocisk dla broni granatnikowej. Zbiorcze zestawienie przedstawia tabela 1. W przypadku opracowanego w Instytucie granatnika podwieszanego GP-74 i samodzielnego GS-83, oraz amunicji do nich zastosowano skorupę pocisku z pierścieniami wiodącymi aluminiowymi w postaci jednolitego odlewu. Lufę również wykonano ze stopu aluminium, jej przewód był anodowany.

Granatnik samopowtarzalny GM nie został w pełni przebadany ale zauważono, że przy ponad dwukrotnym wzroście prędkości wylotowej pocisku, w stosunku do granatników podwieszanych, w rejonie komory naboowej i stożka przejściowego następuje przyspieszone zużycie lufy aluminiowej już po kilkuset strzałach. Konstrukcję zmieniono tak aby sama lufa pozostała aluminiowa, natomiast komorę i stożek przejściowy wykonano ze stali. Niestety w tym zakresie dalszych prac nie prowadzono ,a dopiero badania trwałości mogły by wskazać czy pociski z jednolitą skorupą aluminiową mogą być w tym przypadku stosowane.

Tablica 1. Opracowane w IMP systemy broni granatnikowej

Lp	Rodzaj układu lufa-pocisk	Lufa	Pocisk
1.	40mm granatnik podwieszany GP-74 i samodzielny GS-83 – prędkość wylotowa 78m/s, donośność 430m	aluminiowa	Korpus pocisku i pierścienie wiodące aluminiowe
2.	40mm granatnik samopowtarzalny GM - prędkość wylotowa 170m/s, donośność 1000m	Komorą naboową stalową, przewód lufy aluminiowy	Korpus pocisku i pierścienie wiodące aluminiowe
3.	40mm granatnik automatyczny GA40 - prędkość wylotowa 240m/s, donośność 2200m	stalowa	Korpus pocisku aluminiowy, pierścienie wiodące miedziane

Do granatnika automatycznego w pierwszej fazie badań zastosowano jednolitą skorupę pocisku z aluminiowymi pierścieniami wiodącymi. Również w tym przypadku w rejonie komory naboowej i stożka przejściowego zauważono przyspieszone zużycie lufy tym razem stalowej ,a dalej osadzanie się w jej przewodzie aluminium, pochodzącego z pierścieni wiodących. Pomimo tego mankamentu nie zauważono istotnych zmian w wartości prędkości wylotowej pocisku. Podjęto wówczas szereg prac związanych z pierścieniami wiodącymi

aluminiowymi, polegających na zmianie grubości warstwy anodowej a także zastosowaniu innych obróbek galwanicznych jak np. miedziowanie. Te zabiegi nie przyniosły jednak spodziewanych rezultatów. Ostatecznie zdecydowano się zastosować pierścień miedziany, nakładany metodą tradycyjną, tzn. wykonano rowek pod pierścień, gniazdo radełkowano a następnie zaciskano na gorąco pierścień miedziany i obrabiano go toczeniem.

3. Przyjęte założenia

Przyjęto cztery zasadnicze obszary działań:

1. Analiza możliwości zastosowania nowych technologii konstrukcyjnych materiałów konstrukcyjnych w budowie małokalibrowej amunicji granatnikowej.
 - a. analiza możliwości zastosowania tworzyw sztucznych w budowie amunicji granatnikowej;
 - b. wykorzystanie własności istniejących technologii galwanicznych, cieplno-chemicznych oraz natryskiwania mechanicznego w odniesieniu do pierścieni wiodących i przewodu lufy.
2. Opracowanie nowych technologii wytwarzania wyżej wymienionej amunicji.
3. Doświadczalne sprawdzenie parametrów techniczno - użytkowych nowych rozwiązań, a następnie opracowanie projektów wstępnych nowej rodziny amunicji granatnikowej w kalibrach 40mm i 30mm.
4. Wykonanie serii (demonstracyjnych) nowych rozwiązań amunicji granatnikowej i odpowiedniej dokumentacji technicznej.

Optymalizacją parametrów amunicji granatnikowej objęto zarówno amunicję znajdującą się obecnie na wyposażeniu wojska, jak i nowe rodzaje uznane jako perspektywiczne. Były to następujące rodzaje amunicji:

- **GP40** – pocisk do granatnika podwieszanego, charakteryzuje się prędkością wylotową na poziomie $V_0=78\text{m/s}$, donośność do 400m, skorupa i pierścienie aluminiowe.
- **GM40** – granat pośredni – stosowany w prototypach granatników samopowtarzalnych bliskiego zasięgu Pallad-M, zaprojektowanych w IMP i wypełniających lukę pomiędzy graniatkami podwieszanymi i automatycznymi, obecnie nie znajduje się na uzbrojeniu. Prędkość wylotowa $V_0= 170\text{m/s}$, donośność do 1000m. Pocisk identyczny jak dla GP40
- **GA40** – pocisk do granatnika automatycznego, o prędkości wylotowej $V_0= 240\text{m/s}$ i donośności do 2200m, z pierścieniami wiodącymi miedzianymi osadzonymi na aluminiowej skorupie.
- **G30** – pocisk do granatnika „Neon” o planowanej prędkości wylotowej na poziomie $V_0= 150\text{m/s}$ i donośności 1200m.

4. Pierścienie wiodące wykonane ze stopów miedzi

W celu sprawdzenia parametrów stopów miedzi, nakładanych różnymi technologiami wykorzystano standardowe pociski NGB. Po usunięciu oryginalnych pierścieni aluminiowych w ich miejsce nakładane były nowe pierścienie z wybranego stopu i wybrana metoda :

- pierścienie z uzyskanej galwanicznie warstwy niklu,
- pierścienie z uzyskanej galwanicznie warstwy miedzi,
- pierścienie z uzyskanej metodą natryskową warstwy miedzi,
- pierścienie z uzyskanej metodą detonacyjną warstwy miedzi.

Wykonano kilka serii pocisków z różnymi pierścieniami, które następnie poddano badaniom strzelaniem, oraz badaniom polegającym na statycznym przetłaczaniu pocisków przez lufę z pomiarem siły oporu. Po każdej serii badań strzelaniem dokonywano kontrolnych pomiarów zużycia lufy. Zaobserwowano wyraźne nacięcia gwintu lufy na pierścieniach wiodących, a obserwacja strzału przy pomocy kamery do szybkich zdjęć pozwalała stwierdzić że pociski mają nadany prawidłowy ruch rotacyjny.

Zanotowano natomiast różnice w uzyskiwanych prędkościach wylotowych pocisków (wystrzeliwanych przy użyciu tych samych ładunków). Uzasadnienie tych różnic znaleziono podczas późniejszych badań statycznych, które wykazały znaczące różnice w oporach przetłaczania pocisków przez lufę w których zastosowano różne technologie uzyskiwania pierścieni wiodących. Wyniki badań statycznych przedstawia tabela.

Tablica 2. Wyniki badań na maszynie wytrzymałościowej

Technologia uzyskania pierścienia	Maksymalna siła przepychania [kN]
uzyskana kąpielowo warstwa niklu	16
uzyskana kąpielowo warstwa miedzi	19,7
uzyskana metodą detonacyjną warstwa miedzi	38,2
uzyskana metodą natryskową warstwa miedzi	20,6
PORÓWNANIE	
pierścienie aluminiowe pocisku NGO-74	49
wykonane wraz ze skorupą z tworzywa POM	7,7

Jak widać proponowane technologie zapewniają znacząco mniejsze opory przetłaczania pocisku przez przewód lufy, jednak najkorzystniejszy wynik został osiągnięty przez pociski z pierścieniami wykonanymi z tworzyw sztucznych. Również badania przewodów luf prowadzone po badaniach strzelaniem wykazały najmniejsze, zużycie lufy z której wystrzeliwano pociski z pierścieniami z różnych tworzyw sztucznych.

Technologie uzyskiwania warstwy miedzi są szeroko znane w innych gałęziach przemysłu i możliwe do zastosowania w przemyśle zbrojeniowym niemalże od razu. Możliwości wykorzystania tworzyw sztucznych zostały omówione w dalszej części artykułu.

5. Wkładka fragmentująca

Początkowo przy produkcji krajowej amunicji granatnikowej wkładki fragmentujące wykonywano ze stali, metodą ubytkową, frezując potrzebne dla prawidłowej fragmentacji podcięcia. Następnie wkładka była zatopiona w stopie aluminium. Z czasem opanowano bardziej technologiczną i tańszą metodę odlewania wkładek w gotowym kształcie z żeliwa (rys.1). Wkładki takie stosowane są do dnia dzisiejszego.



Rys. 1 wkładka żeliwna Rys. 2 wkładka z kulkami Rys. 3 skorupa z zatopionymi kulkami

Podczas pracy nad projektem podjęto próbę poprawy technologii wytwarzania, oraz właściwości fragmentacyjnych samej wkładki. Założono wykorzystanie jako elementów rażących gotowych kulek o dobranej do obowiązujących wymagań masie, zatopionych w bezpośrednio w tworzywie sztucznym, co pozwoliłoby założeniu uzyskać powtarzalną fragmentację, oraz dokonać kolejnego uproszczenia w technologii.

Pierwsze próby zakładały uzyskanie wkładki z kulek zatopionych w tworzywie sztucznym (rys.2), która w kolejnym etapie będzie zalewana docelowym tworzywem na skorupę pocisku. W toku badań okazało się jednak, że takie rozwiązanie tworzy niekorzystną linię podziału między tworzywami wewnątrz skorupy, czyniąc ją podatniejszą na uszkodzenia. Kolejne próby zakładały uformowanie kulek w żądany kształt na elektromagnetycznym trzpieniu, bezpośrednio w formie wtryskowej w której formowana jest skorupa, niestety przeprowadzone próby ujawniły że na skutek niekorzystnych warunków występujących w momencie wtrysku tworzywa, kulki zostają rozproszone po całej objętości skorupy w sposób przypadkowy. Dodatkowo niektóre kulki wystawały poza obrys skorupy co skutkowałoby kontaktem z powierzchnią lufy i jej dodatkowym uszkodzeniem (rys.3). Przyczyną nieudanego procesu było to, że konstrukcja formy umożliwiała jedynie wtrysk tworzywa na trzpień, nie na ścianki zewnętrzne formy. Metoda ta wymagała znaczącej zamiany konstrukcji posiadanej formy i została zaniechana.

W rezultacie zdecydowano się na podjęcie próby stworzenia koszyczka uzyskanego poprzez zgrzanie krawędzi kulek do siebie. Pierwotnie planowano wykorzystać do tego piec indukcyjny, gdzie kulki uformowane były w pożądaną kształt dzięki specjalnej formie. Testowano formy wykonane z grafitu i ceramiki, niestety szereg prób wykazał że dostępne piece nie pozwalają na uzyskanie odpowiedniej temperatury w głąb formy.

Ostatecznie do uzyskania wkładki wykorzystano kulki wstępnie pokryte galwanicznie warstwą miedzi. Przygotowane w ten sposób, po umieszczeniu w formie poddano działaniu wysokiej temperatury w piecu hartowniczym, co pozwoliło uzyskać wkładkę o oczekiwanych parametrach (rys. 4), gotową do zatopienia w materiale skorupy bezpośrednio w formie wtryskowej.

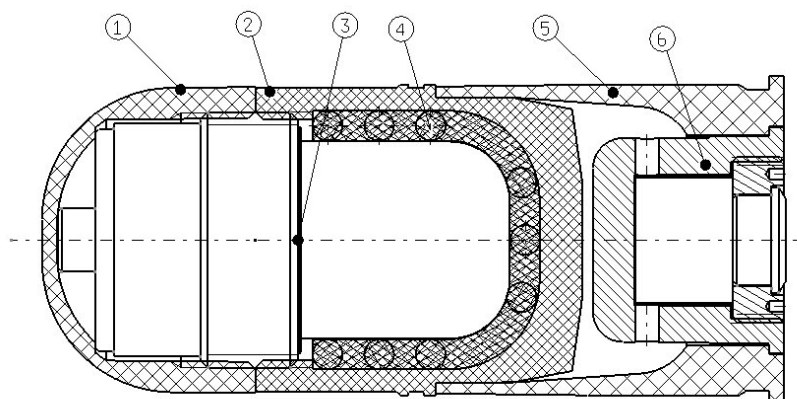


Rys. 4 Gotowa wkładka uzyskana ze zgrzanych kulek

6. Zastosowanie tworzyw sztucznych w budowie amunicji granatnikowej

Kolejnym zagadnieniem opracowywanym podczas niniejszego projektu było wykorzystanie tworzyw sztucznych na pierścienie wiodące, oraz całe elementy amunicji. Przeprowadzono analizę różnych grup tworzyw sztucznych, wybierając kilka dostępnych na naszym rynku, których właściwości pozwalały oczekiwać, że sprawdzą się w trudnych warunkach strzału. Ostatecznie wytypowano taki który nadawał się na większość istotnych elementów amunicji – czepiec, skorupę wraz z pierścieniami wiodącymi, oraz korpus łuski. Wszystkie te części były wykonywane metodą wtrysku, jedynie drobne detale poprawiano

toczeniem, takie uproszczenie zastosowano jedynie ze względu na nieopłacalność tworzenia na etapie prac badawczych bardziej złożonych form. Docelowo wszystkie elementy mogą być wykonywane praktycznie na gotowo, dając oczywiste oszczędności.



Rysunek 5. Budowa na przykładzie naboju GM:

1-Czepiec z tworzywa; 2-Skorupa z tworzywa; 3-Imitacja zapalnika; 4-wczesna wkładka z kulkami; 5-Skorupa łuski z tworzywa; 6-Komora wysokiego ciśnienia.

Pociski poddano badaniom strzelaniem w laboratorium Instytutu Mechaniki Precyzyjnej, w zakresie temperatur od -50°C do $+60^{\circ}\text{C}$, oraz badania donośności podczas prób poligonowych. Również podczas tych badań na bieżąco monitorowany był stan lufy (zdjęcia pocisków i pierścieni po strzale obrazują rysunki 6-8). Poza pomiarem warunków otoczenia i prędkości początkowej, strzały były rejestrowane z użyciem kamery do szybkich zdjęć, co pozwalało bez wątpliwości określić czy pocisk uzyskuje poprawną rotację, oraz



Rys. 6 Pocisk do 40mm naboju do GA po strzale



Rys. 7 Pocisk do 40mm naboju do GP i GM po strzale



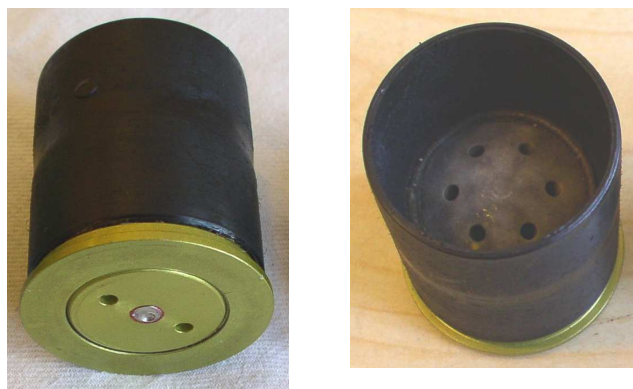
Rys. 8 Pocisk do 30mm naboju po strzale

obserwować ewentualne uszkodzenia pocisków, pojawiające się zwłaszcza na etapie doboru tworzyw. Amunicja w różnych warunkach temperaturowych zachowywała swoje wymiary. Także swoje wymiary zachowywała po kilkudniowym (6 dni) przetrzymywaniu jej w wodzie. Próba ta została przeprowadzona w celu skontrolowania w jakim stopniu chłonicie wilgoci przez tworzywo wpływa na zmianę wymiarów. Przeprowadzono również badania poligonowe w podczas których sprawdzano donośność nowych pocisków. Wyniki prób przedstawia tablica 3. Największe trudności napotkano w amunicji do granatnika automatycznego (GA). Ze względu na wyjątkowo ciężkie warunki panujące w trakcie strzału, łuska ta jako jedyna ma kryzę aluminiową, będącą częścią komory spalania. Kryza z tworzywa, zastosowana z powodzeniem w pozostałych łuskach, tu okazała się za słaba i ulegała częstym uszkodzeniom. Również w obrębie pocisku pojawiły się komplikacje. Przy tak znacznym ciśnieniu pojawiły się przypadki nie wcięcia się pierścienia w gwint lufy, ze względu na jego sprężyste ugięcie, co ostatecznie wymagało wprowadzenia poprawek w kształt i tolerancje wymiarowe pierścieni wiodących. Wymiary dobrano tak, aby siła wcinania pierścieni wiodących w przewód lufy była na tyle niska, aby nie dopuścić do odkształceń sprężystych korpusu pocisku i prześlizgiwania się go przez przewód lufy bez wcięcia tych pierścieni.

Tablica 3. Wyniki badań poligonowych

Amunicja	GP40	GM40	GA40	G30 $\Delta=1,6g$	G30 $\Delta=1,75g$
V_{sr} [m/s]	100,49	185,53	253,00	123,90	153,50
D_{sr} [m]	598,16	1216,95	1679,10	627,44	777,30

Okazało się, że amunicja do granatnika automatycznego GA, przy zachowaniu tej samej prędkości wylotowej nie uzyskuje właściwej donośności, co wynika m.in. z kształtu pocisku. Otóż grubość ścianki łuski aluminiowej wynosi 0,8mm a łuski z tworzywa 1,5mm (ze względów wytrzymałościowych), stąd średnica pocisku z łuską z tworzywa w części pod pierścieniem wiodącym jest mniejsza. Ta zmiana kształtu pocisku może mieć wpływ na donośność. Podjęto zatem próbę wykonania łuski z tworzywa, w której grubość ścianki wynosić będzie również 0,8mm a kształt pocisku zgodny z obecną konstrukcją. Wykonano serię 30 sztuk amunicji ze skorygowanymi średnicami, oraz przeprowadzono próby strzelaniem. Próby potwierdziły przyjęte rozwiązanie jako właściwe. Zdjęcia pocisków i łusek GA po strzałach przedstawiają rys. 6 i 9.



Rys. 9 Łuska do 40mm naboju do GA po strzale

7. Podsumowanie

Na podstawie wyników analiz oraz wyników badań można stwierdzić, że tworzywa sztuczne są właściwym materiałem do zastosowania w przypadku amunicji granatnikowej, szczególnie dla:

- 40mm amunicji do granatnika podwieszanego GP40 (rys.10a),
- 40mm amunicji do granatnika automatycznego GM40 (rys.10b),
- 30mm amunicji do granatnika samopowtarzalnego G30 (rys.10d),



Rys. 10 Pociski i łuski a)GP40; b)GM40; c)GA40 i d)G30

Uzyskano pozytywne wyniki w oparciu o które można przystąpić do wykonania partii amunicji w warunkach produkcyjnych, uzbrajając ją w materiał wybuchowy i zapalniki w celu sprawdzenia jej funkcjonalności.

Natomiast w przypadku amunicji do granatnika automatycznego GA40 (rys. 10c) należy wykonać kolejne badania poligonowe w celu potwierdzenia donośności i właściwej współpracy pierścienia wiodącego oraz sprawdzić jakość połączenia tworzącej łuski z

zespołem napędowym i ustalić wartość wielkości połączenia łuski z pociskiem. Wykonany do tej pory demonstrator pozwala na właściwy dobór odpowiednich parametrów.

Literatura

- [1] Milewski W., Olbrycht A., *Możliwości zastosowania powłok natryskiwanych cieplnie w układzie lufa – pocisk*. Sprawozdanie IMP, Warszawa, 2008
- [2] Przywóski A., *Galwaniczne powłoki ochronne pocisków ze stopów aluminium jako sposób zwiększenia żywotności luf artyleryjskich*. Sprawozdanie IMP Warszawa, 2008
- [3] Nakonieczny A., Dąbrowski W., Chytła J., Drzymała M., *Optymalizacja parametrów technologicznych przewodu lufy w małokalibrowej broni granatnikowej*, materiały VIII Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej , Pułtusk 2010

Praca realizowana w latach 2008-2011 w Instytucie Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie w ramach projektu badawczo-rozwojowego nr O R00 0002 04

„Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych, technologicznych i materiałowych amunicji w aspekcie poprawy współpracy pierścieni wiodących z przewodem lufy oraz własności bojowych w małokalibrowej amunicji granatnikowej w kalibrach 25-40 mm”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego