

# Koncepcja lufy karabinowej na bazie kompozytu warstwowego wzmocnionego włóknem ciągłym

Dariusz Pyka<sup>1, a)</sup>, Krzysztof Jamroziak<sup>1, b)</sup>, Mirosław Bocian<sup>1, c)</sup>, Mariusz Kosobudzki<sup>2, d)</sup>, Maciej Kulisiewicz<sup>3, e)</sup>

<sup>1</sup>*Katedra Mechaniki i Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław, Polska*

<sup>2</sup>*Katedra Inżynierii Maszyn Roboczych i Pojazdów Przemysłowych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Wroclawska ul. Łukasiewicza 7/9, Wrocław 50-371, Polska*

<sup>3</sup>*Wydział Techniczno-Inżynieryjny, ul. Armii Krajowej 78, 58-302 Walbrzych, Polska*

<sup>a)</sup>Corresponding author: [dariusz.pyka@pwr.edu.pl](mailto:dariusz.pyka@pwr.edu.pl)

<sup>b)</sup>[krzysztof.jamroziak@pwr.edu.pl](mailto:krzysztof.jamroziak@pwr.edu.pl), <sup>c)</sup>[miroslaw.bocian@pwr.edu.pl](mailto:miroslaw.bocian@pwr.edu.pl), <sup>d)</sup>[mariusz.kosobudzki@pwr.edu.pl](mailto:mariusz.kosobudzki@pwr.edu.pl),

<sup>e)</sup>[maciej.kulisiewicz@pwr.edu.pl](mailto:maciej.kulisiewicz@pwr.edu.pl)

**Abstract.** W pracy zaprezentowano koncepcję lufy karabinowej wzmocnionej włóknem ciągłym. Podatność lufy podczas strzelania na wibracje i zginanie wpływa znacząco na celność strzelania. Zjawisko drgań lufy jest kompensowane jej masą oraz takimi parametrami jak maksymalne ciśnienie działające w jej przedniej części tj. komory naboju i ścianek wewnętrznych lufy do zakresu maksymalnego ciśnienia wewnętrznego oraz ciśnienia działającego na dno pocisku i temperatury wewnętrznej poprzez dobór odpowiedniej sztywności i długości lufy celem zmniejszenia stosunku temperatury mieszaniny gazów w przestrzeni zapociskowej w chwili, gdy pocisk opuszcza przewód lufy do mieszaniny gazów będących produktami rozkładu wybuchowego ładunku miotającego w warunkach izochoryczno-izotermicznych. Proponowany model lufy został wzmocniony włóknem ciągłym typu węglowego. Model ten poddano analizom numerycznym z wykorzystaniem oprogramowania ABAQUS. Na podstawie otrzymanych wyników w postaci rozkładu naprężeń występujących w ściance lufy o złożonej strukturze prognozowano jej wytrzymałość zmęczeniową, oraz rozkład wypadkowego współczynnika przyjmowania ciepła w wyniku konwekcji i promieniowania cieplnego.

## WSTĘP

Lufa jest jednym z najważniejszych elementów broni palnej. To za jej pośrednictwem następuje zjawisko strzału oraz nadanie pociskowi prędkości początkowej [1]. Odpowiednio dobrana lufa wraz z jej poszczególnymi elementami decyduje o celności broni, żywotności i niezawodności [2]. Koncepcje wykorzystania luf wzmocnionych dodatkowymi powłokami analizowano już na początku XX wieku. Ich wzmocnienie było wykonywane z nawojem taśm stalowych na rurę rdzeniową z odpowiednim regulowanym naciągiem [3]. W praktyce lufa ta okazała się mało sztywna, przez co była bardziej podatna na drgania, czego wynikiem był niezadawalający rozrzut naturalny lufy.

Autorzy proponują na przykładzie lufy karabinowej odchudzić klasyczną lufę wykonywaną ze stali o odpowiednich parametrach mechanicznych, a w to miejsce wykonać nawijanie włóknem węglowym, co sprawi, że taka lufa będzie lżejsza i bardziej wytrzymała. Zastosowanie koncepcji lufy nawijanej włóknem węglowym wymaga szeregu zabiegów, aby nie doprowadzić do tzw. efektu Bauschingera.

## UJĘCIE ANALITYCZNE PROBLEMU

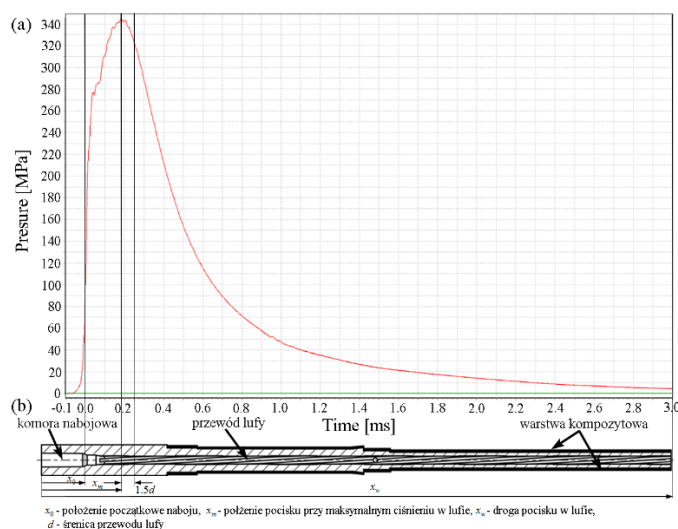
Czynnikiem decydującym o konstrukcji lufy jest jej wytrzymałość na obciążenia podczas strzału. Jednym z ważniejszych elementów jest rozkład naprężeń występujących w ściance lufy, które zależy od:

- obciążenia powierzchni przewodu lufy ciśnieniem wytworzonym przez mieszaninę gazów powybuchowych,
- występowanie pola temperatury w ścianie lufy (naprężenia cieplne),
- występowania sił tarcia i nacisku pomiędzy częścią wodzącą pocisku, a powierzchnią przewodu lufy,
- występowania lokalnych zmian gęstości materiału w wyniku zmian struktury.

Największe znaczenie na naprężenia w ścianie lufy ma ciśnienie wytwarzane w wyniku inicjowania zjawiska strzału. Obliczenia wytrzymałościowe można sprowadzić do analiz grubościennego zbiornika cylindrycznego, gdzie z jednej strony jest on zamknięty w postaci nieruchomego dna - zamka, a z drugiej strony ruchomym dnem w postaci pocisku.

## BADANIA Z WYKORZYSTANIEM MES

W badaniach przyjęto następujący model lufy (rys. 1), który został synchronizowany z krzywą maksymalnego ciśnienia (343 MPa) zarejestrowanego na wzorcowanej lufie balistycznej cal. 7.62×51 mm i skoku gwintu 304.8 mm.



**RYSUNEK 1.** Model konstrukcji obwiedni ciśnienia w lufie dla analizowanej lufy wzmocnionej włóknem ciągłym: a – ciśnienie zmierzone w eksperymencie na lufie balistycznej 7.62×51 mm, b – koncepcja lufy synchronizowana z przebiegiem ciśnienia do dalszych analiz obliczeniowych

Dalsze obliczenia wykonywano techniką symulacji MES posiłkując się opracowaniami innych autorów [4], gdzie analizowano naprężenia i wyłączenie termiczne, a także charakterystykę modalną lufy, zwłaszcza I postaci drgań.

## PODSUMOWANIE

Prezentowana koncepcja wzmocnienia lufy warstwą włókna węglowego może w znacznym stopniu poprawić żywotność lufy oraz jej rozrzut naturalny. Wymagane są badania poligonowe z modelową lufą wykonaną według opracowanych modeli geometrycznych. Autorzy przewidują kontynuację prac i prezentację wyników.

## LITERATURA

1. R.E. Tompkins, K.J. White, W.F. Oberle, A.A. Juchasz, Traveling Charge Gun Firing Using Very High Burning Rate Propellants, BRL-TR-2970, Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, December 1988.
2. Б.В. Орлов, Э.К. Ларман, В.Г. Маликов, Устойчивость и проектирование стволов артиллерийских орудий, Машиностроение, Москва 1976.
3. В.Г. Садовский, Основания устройства материальной части артиллерии, Воениздат, Москва 1956.
4. J. Łazowski, J. Małachowski, T. Niezgoda, Analiza MES drgań wylotu podczas strzału, Biuletyn WAT, **3**, 235-245 (2008).