

ANALIZA NUMERYCZNA WPŁYWU MODYFIKACJI DWUSEGMENTOWEGO PENETRATORA POCISKU PODKALIBROWEGO NA GŁĘBOKOŚĆ PRZEBICIA PANCERZA RHA

Streszczenie: W pracy przedstawiono wybrane konstrukcje segmentowych pocisków kinetycznych. Na podstawie analizy ich parametrów konstrukcyjnych sformułowano wnioski dotyczące możliwości zwiększania głębokości przebicia kinetycznych pocisków przeciwpancernych. Przedstawiono autorską koncepcję „*penetracji segmentowej wymuszonej*”. Polega ona na zastosowaniu, w konstrukcji penetratora pocisku podkalibrowego, łącznika pomiędzy wolframowymi segmentami penetratora, który odkształcając się w procesie penetracji, powoduje zmniejszanie się dystansu pomiędzy segmentami penetratora tak, aby w odpowiednim momencie tylny segment penetratora uderzył w hamujący w panczeru przedni segment powodując jego dodatkowe napędzenie (poprzez dostarczenie energii kinetycznej), zwiększające w efekcie końcowym głębokość przebicia. Obliczenia numeryczne wybranych wariantów nowej koncepcji penetratora przedstawiono w niniejszej publikacji.

1. Przegląd konstrukcji nowoczesnych pocisków kinetycznych

W zamieszczonej poniżej tabeli 1.1 zaprezentowano podstawowe dane bojowe wybranych 120 mm czołgowych pocisków podkalibrowych typu APFSDS-T przeznaczonych do strzelania z czołgów z armatami o długości 44 kalibrów (Leopard 2A4, Abrams M1A1).

Tabela 1.1.

Nazwa pocisku	Kraj Producenta	Masa pocisku (kg)	Masa penetratora (kg)	Prędkość początkowa (m/s)	Maks. ciśnienie w lufie (MPa)	Zdolność przebicia pancerza RHA na odl. 2000 m (mm)
DM-33	Niemcy	7,3	4	1650	515	470
DM 43	Niemcy	7,3	4	1650	545	500
DM-53	Niemcy	8,35	~5	1670	545	~550
M829	USA	7	4	1670	510	540
M829A1	USA	9	4,6	1560	570	~600
M829A2	USA	7,7	4,6	1680	580	>650
APFSDS-T	Polska	6,9	3,6	1670	510	~530

Rozpatrując kolejno rodziny pocisków niemieckich (DM33-53) i amerykańskich (M829- M829A2), zwiększenie głębokości przebicia osiągnano poprzez zwiększanie masy penetratora ewentualnie prędkości początkowej (w pocisku M829A2 zastąpiono sabot z stopu aluminium sabotem z materiału kompozytowego – redukcja masy pocisku). Ponadto w pociskach amerykańskich do konstrukcji penetratora zastosowano zubożony uran. Penetratory wykonane ze zubożonego uranu mają szczególną właściwość, polegającą na ich samoostrzeniu się (*self-sharpening effect*) podczas penetracji pancerza. Występowanie tego

efektu wpływa na zwiększenie głębokości przebicia w stosunku do penetratorów wykonanych ze spieku na osnowie wolframowej, mających tendencję do „grzybkowania” w pancerzu. Zjawisko samoostrzenia się penetratora podczas wnikania w pancerz jest skutkiem występowania procesu formowania się płaszczyzn adiabatycznego ścinania, będącego wynikiem zastosowania odpowiedniego procesu technologicznego odkuwania prętów uranowych oraz niskiej przewodności cieplnej zubożonego uranu.

W przedstawionej grupie pocisków podkalibrowych do 120 mm armat będący w trakcie prac badawczo-rozwojowych prototyp pocisku APFSDS-T konstrukcji WITU pod względem własności bojowych plasuje się w środku rankingu.

Ze względu na ograniczenia balistyczne (ciśnienie maksymalne) i konstrukcję ładunku miotającego, możliwości zwiększenia głębokości przebicia w tym pocisku poprzez zwiększenie masy penetratora jest ograniczone.

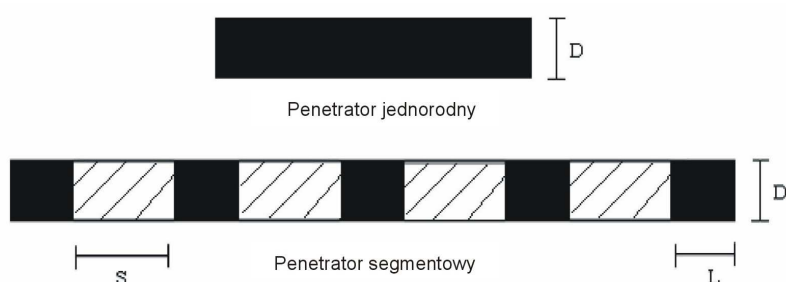
Wobec powyższego przystąpiono do analizy możliwości modyfikacji konstrukcji penetratora pocisku (bez zmiany jego masy) w kierunku osiągnięcia większej głębokości przebicia.

Z założenia konstruktorów pocisku, modernizacja penetratora polegająca na wykorzystaniu zjawiska penetracji segmentowej w procesie penetracji pancerza, pozwoliłaby na zwiększenie zdolności przebicia o około 10% osiągając wartość około 550 mm pancerza RHA na odl. 2000 m. Konstrukcję ta, ze względu na zastosowanie penetratora o segmentowej budowie, można by dodatkowo optymalizować pod kątem niszczenia pancerzy warstwowych czołgów.

Nawiązując do tematyki segmentowych pocisków kinetycznych w sensie penetracji pancerzy, konstrukcje te stanowią szczególnie interesującą dziedzinę balistyki końcowej, przede wszystkim ze względu na możliwości zwiększania głębokości przebicia bez konieczności zwiększania masy penetratora. [1].

Ideę konstrukcji penetratora segmentowego przedstawia rysunek 1.1.

Zastosowane rozwiązanie konstrukcyjne penetratora segmentowego pocisku charakteryzuje się tym, że krótko przed uderzeniem penetratora w pancerz fragmentuje on na kilka elementów, które zachowując wzajemne liniowe położenie względem punktu uderzenia w pancerz kolejno penetrują krater utworzony przez pierwszy element. Jeżeli segmenty penetratora nie ułożą się przed uderzeniem w pancerz liniowo to nastąpi rozproszenie ich energii kinetycznej na większej powierzchni, co skutkować będzie spadkiem głębokości przebicia pancerza.

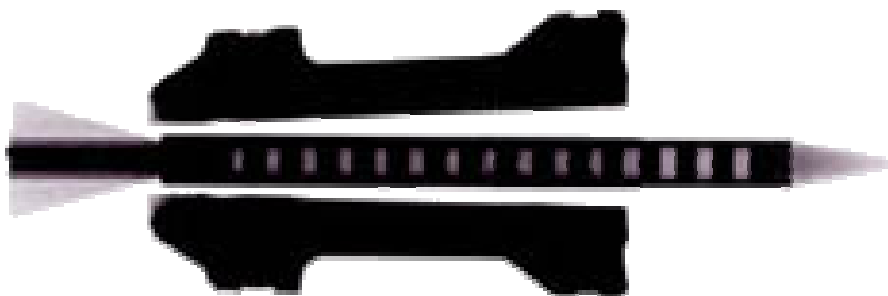


Rys. 1.1 schemat konstrukcji penetratora jednorodnego i segmentowego.

Poniżej przedstawiono kilka przykładów podejmowanych w latach ubiegłych prac nad pociskami z penetratorami o konstrukcji segmentowej.

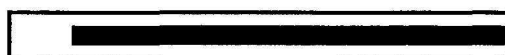
Na rysunku 1.2 zaprezentowano model doświadczalnej konstrukcji pocisku podkalibrowego z penetratorem segmentowym opracowany w Francusko-Niemieckim Instytucie Badawczym w Saint-Louis, w momencie ekstrakcji segmentów sabotu po wylocie pocisku z lufy. Dzięki zastosowaniu techniki rentgenowskiej poniższe zdjęcie przedstawia szczegółowo budowę penetratora składającego się z rdzenia z materiału o wyższej gęstości uzupełnionego wewnątrz w „wolnych przestrzeniach” materiałem o znacznie mniejszej

gęstości. Podobnie czepiec balistyczny i stabilizator i sabot są wykonane z materiału o niższej gęstości (prawdopodobnie stop aluminium).

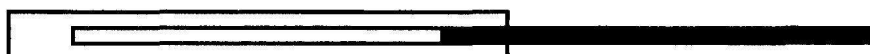


Rys. 1.2. Model pocisku podkalibrowego o konstrukcji segmentowej opracowany w Instytucie Saint-Louis.

Na rysunku 1.3 przedstawiono koncepcję penetratora teleskopowego, który po wystrzeleniu z lufy w stanie złożonym (rys. 1.3a) ulega rozłożeniu zwiększając stosunek długości penetratora do jego średnicy około dwukrotnie. Prace badawczo rozwojowe nad tego typu pociskami prowadzone były m.in. w kilku instytucjach w Stanach Zjednoczonych [2÷6] jednakże dostęp pełny do informacji zawartych w sprawozdaniach i publikacjach z tych prac jest ograniczony. W pracy [7] przedstawiono wyniki badań penetratorów teleskopowych o średnicy zewnętrznej 10,6 mm, wewnętrznej 5 mm oraz długości w stanie złożonym 46,5 mm. Penetrator ten po wystrzeleniu poprzez teleskopowe „wydłużenie się” zwiększał długość o dodatkowe 40,55 mm. Penetrator ten w porównaniu z penetratorem jednorodnym (o tej samej masie i średnicy 10,6 mm oraz długości 46,5 mm) osiągał, w zależności od prędkości uderzenia, większą o 31÷57 % głębokość przebiccia.



(a) Compact Form



(b) Extended Form

Rys. 1.3. Model penetratora teleskopowego.

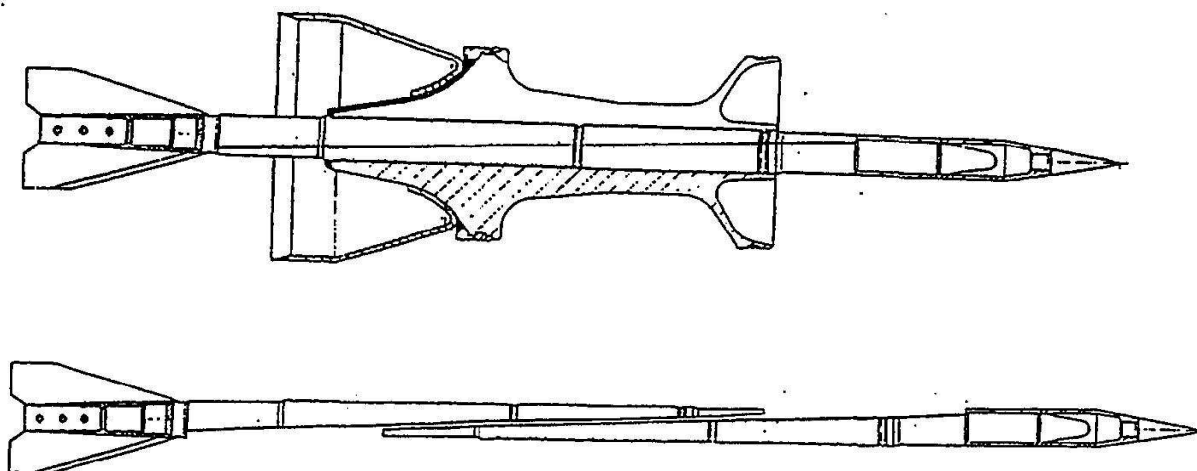
W poniższej tabeli przedstawiono wybrane wyniki badań porównawczych pocisków jednorodnych i teleskopowych dla różnych prędkości uderzenia [7].

Tabela1.2.

Typ penetratora	Prędkość uderzenia (m/s)	Kąt odchyleni osi pocisku od wektora prędkości (°)	Głębokość penetracji (mm)	Zwiększenie przebiccia (%)
Jednorodny	1833	-	63	31
Teleskopowy	1834	2,2	82,5	
Jednorodny	2621	3,8	77	52
Teleskopowy	2636	3,4	117,5	
Jednorodny	2919	3,0	78	57
Teleskopowy	2893	2,2	122,5	

Penetratory tego typu konstrukcji poddane były badaniom także z wykorzystaniem dział elektromagnetycznych. Niestety dla znacznych prędkości początkowych uzyskiwanych z działa elektromagnetycznego problemem stało się zapewnienie wytrzymałości konstrukcji pocisku szczególnie w obszarze współpracy sabotu z penetratorem. Inny problemem utrudniającym rozwój tej konstrukcji było zwiększanie się (wraz ze wzrostem prędkości początkowej) wartości oporu czołowego penetratora, uniemożliwiającej pełne rozłożenie się penetratora teleskopowego w na torze lotu.

W innej pracy [8] przedstawiono koncepcję rozdzielonego penetratora pocisku podkalibrowego. Składa się on z dwóch segmentów (przedniego z czepcem balistycznym oraz tylnego ze stabilizatorem) składanych ze sobą ukośnie (rys.1.4) i zamocowanych w standardowym sabocie pocisku podkalibrowego. Dzięki odpowiedniemu osiowemu wyważeniu segmentów po wylocie z lufy zachowują one wzajemne liniowe położenie. Rozsuwanie się segmentów penetratora na torze lotu skutkuje zwiększeniem względnej długości penetratora a w efekcie końcowym zwiększeniem głębokości przebicia pancerza w porównaniu do penetratora jednorodnego o tej samej masie i średnicy. Niestety ze względu na problemy napotkane podczas badań aerodynamicznych (prawdopodobnie trudności z zachowaniem wzajemnego liniowego położenia elementów penetratora) wyniki prac nie znalazły praktycznego zastosowania.



Rys. 1.4. Model penetratora rozdzielonego. Wyżej- w konfiguracji przed strzałem, niżej- na torze lotu.

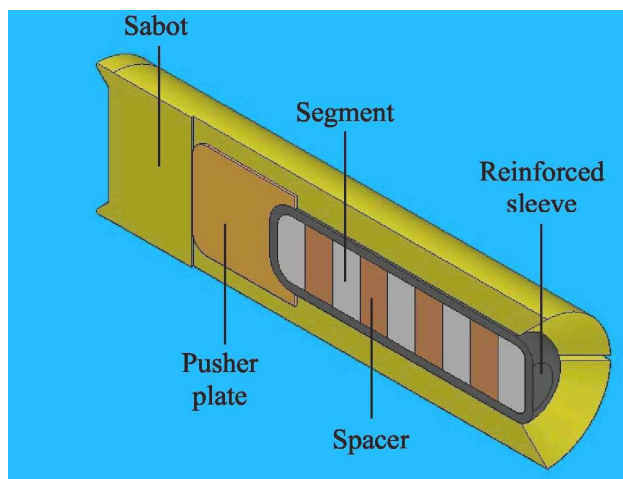
W publikacjach [9-13] przedstawiono koncepcje penetratorów segmentowych składających się z kilku do kilkunastu elementów penetrujących. Podstawowym wymogiem stawianym penetratorem wielosegmentowym jest zdolność penetratora do rozsunienia się segmentów na odpowiednie optymalne odległości tuż przed uderzeniem w cel. To zagadnienie realizuje się kilkoma sposobami. Jedną z nich zaprezentowano na rys.1.5.



Rys. 1.5. Model penetratora trzysegmentowego na torze lotu.

W tej koncepcji przyjęto, że penetrator wyposażony jest w ładunki pirotechniczne, które po wylocie pocisku z lufy odpalone na odpowiedniej odległości od celu powodują rozdzielenie segmentów. W pracy [14] zaprezentowano wyniki symulacji oraz eksperymentów przeprowadzonych dla konstrukcji penetratorów trójsegmentowych. Dla prędkości uderzenia w pancerz 2500m/s uzyskano zwiększenie o 33 % głębokości przebiccia (w porównaniu do jednorodnego ekwiwalentu penetratora).

Inną koncepcję pocisku segmentowego zaprezentowano na rys.1.6 (15).



Rys. 1.6. Model penetratora segmentowego w osłonie.

Główną warunkiem, trudnym do spełnienia, jest wzajemne liniowe położenie segmentów penetrujących pancerz tak, aby każdy kolejny wniknął w otwór wykonany przez poprzedni segment. Ze względu na niewielką długość segmenty penetratora mogą zachowywać się niestabilnie (zboczenie, nutacja), podczas dolotu do pancerza.

Ponadto efekt zwiększenia głębokości penetracji pod wpływem segmentacji penetratora zachodzi przede wszystkim dla dużych prędkości uderzenia w cel (powyżej 2500m/s), gdyż dla niższych prędkości płynące w kierunku przeciwnym do penetracji warstwy segmentu mogą zaburzać (hamować) następny segment [16]. Wraz ze wzrostem prędkości uderzenia średnica kanału penetracji zwiększa się, dzięki czemu nie występuje powyższe zjawisko.

Ze względu na powyższe ograniczenia w WITU przyjęto rozwiązanie „penetracji segmentowej wymuszonej” (nazwa własna autora).

Polega ona na zastosowaniu, w konstrukcji penetratora pocisku podkalibrowego, stalowego łącznika pomiędzy wolframowymi segmentami penetratora, który odkształcając się w procesie penetracji, powoduje zmniejszanie się dystansu pomiędzy segmentami penetratora tak, aby w odpowiednim momencie tylny segment penetratora uderzył w hamujący w pancerzu przedni segment powodując jego dodatkowe napędzenie (poprzez dostarczenie energii kinetycznej), zwiększające w efekcie końcowym głębokość przebiccia. Koncepcje i obliczenia numeryczne wybranych wariantów nowej koncepcji penetratora przedstawiono w następnym punkcie.

2. Analiza numeryczna metodą punktów swobodnych wybranych wariantów dwusegmentowego kinetycznego pocisku wolframowego

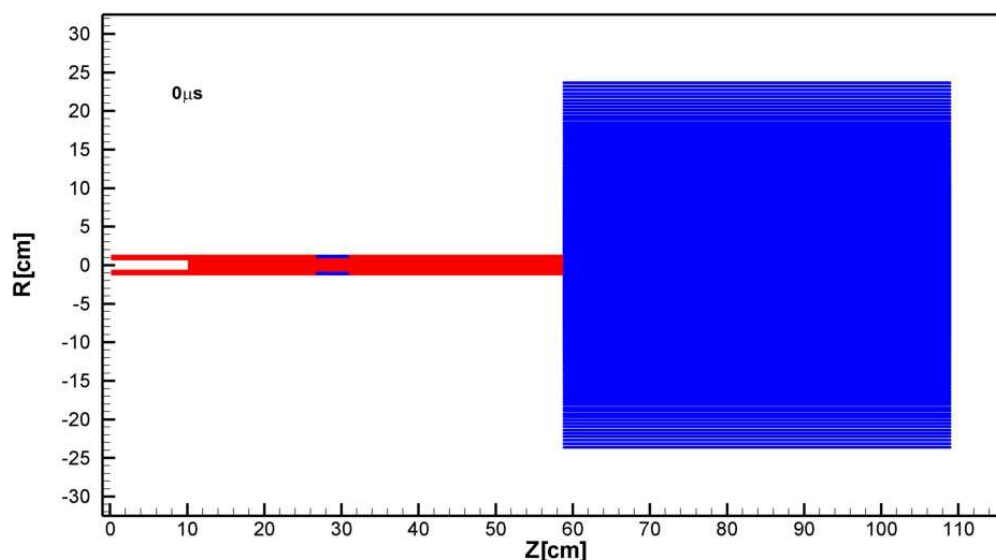
W oparciu o metodę punktów swobodnych, wykonano szereg obliczeń numerycznych dotyczących modelowania procesu penetracji pancerza przez czołgowy pocisk wolframowy z penetratorem jednorodnym i segmentowym. Na podstawie tych symulacji zaprezentowanych

w publikacji [17], opracowano warianty modyfikacji penetratora segmentowego. Kolejne warianty obliczeniowe (tabela 2.1) oznaczono W1 – W4. W analizowanych poniżej wariantach modyfikacji penetratora założono niezmienną masę całego pocisku w porównaniu do masy istniejącej konstrukcji 120 mm pocisku typu APFSDS-T do czołgu LEOPARD 2A4 ($m_p=7\text{kg}$), przy czym w wariantach W3 i W4 masa wzrosła o około 1,4 %, co jest wartością pomijalną w obliczeniach balistycznych.

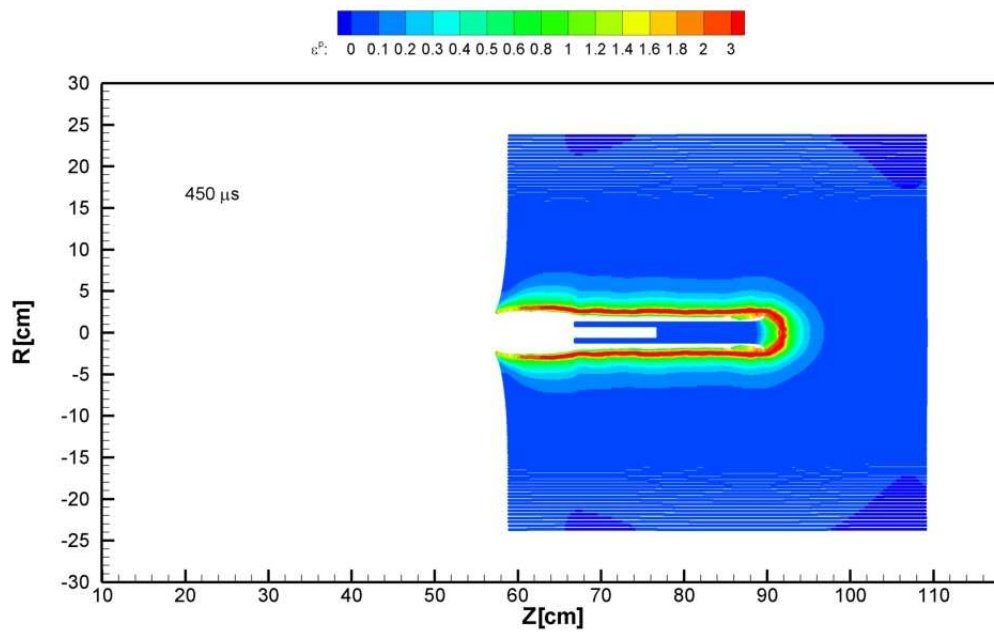
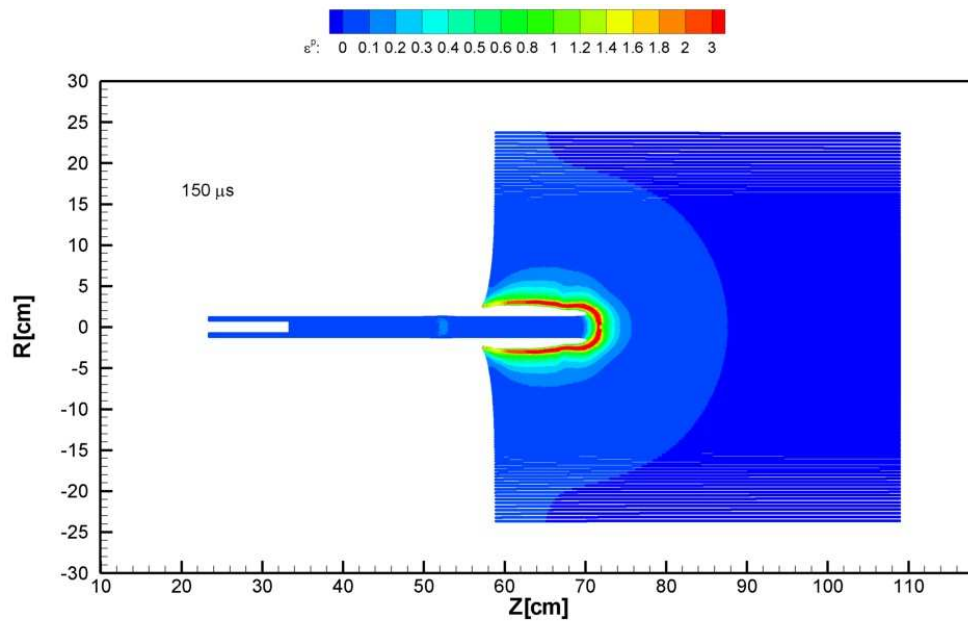
Tabela 2.1. Konfiguracja kolejnych wariantów obliczeniowych dotyczących modyfikacji pocisku czołgowego

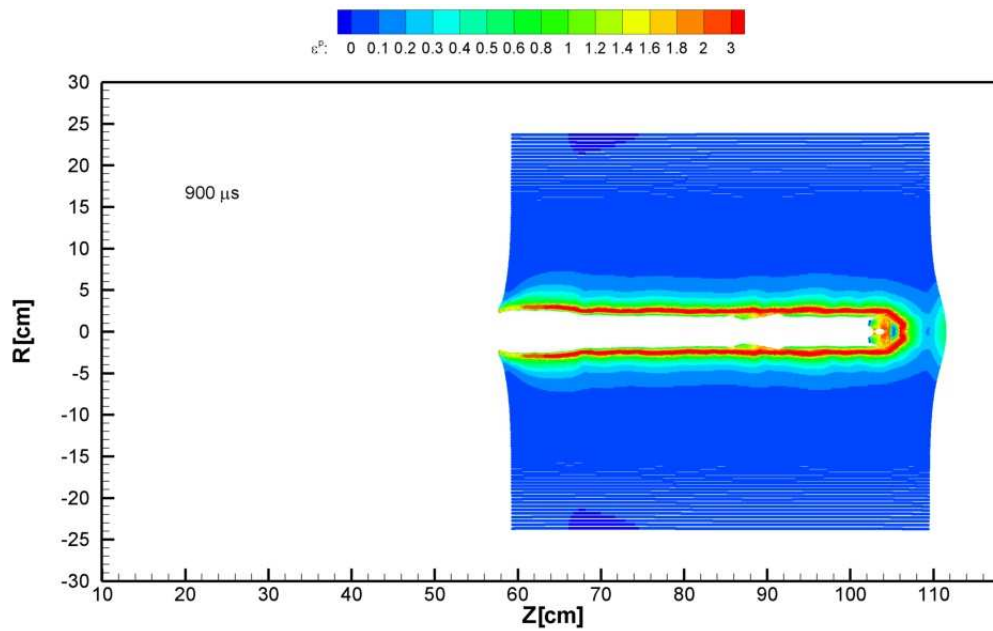
Numer wariantu	Rodzaj pocisku	Modyfikacja	Grubość stalowego pancerza
W1	wolframowy, dwusegmentowy z krótkim łącznikiem stalowym	wydłużony pierwszy segment, otwór w końcowej części drugiego segmentu, zachowana masa pocisku	50 cm
W2	wolframowy, dwusegmentowy z krótkim łącznikiem stalowym	wydłużony pierwszy segment, cieńszy koniec drugiego segmentu, zachowana masa pocisku	50 cm
W3	wolframowy, dwusegmentowy z wydłużonym łącznikiem stalowym	masa pocisku powiększona o 100 g, 5cm łącznika stalowego	50 cm
W4	wolframowy, dwusegmentowy z wydłużonym łącznikiem stalowym	masa pocisku powiększona o 100 g, 5cm łącznika stalowego	60 cm

Wyniki analiz numerycznych dla wariantów W1 – W4 przedstawiono na rysunkach 2.1 – 2.12. Dla każdego wariantu zaprezentowano sekwencje czasowe rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej.

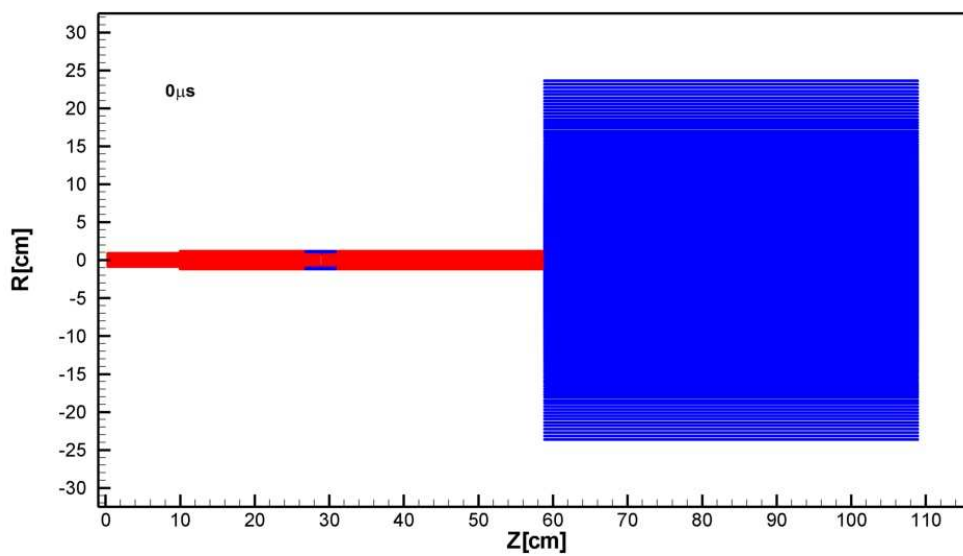


Rys. 2.1. Stan początkowy dla wariantu W1: dwusegmentowy wolframowy penetrator uderza w pancerz RHA. Cylindryczny blok ze stali RHA ma grubość 50 cm.

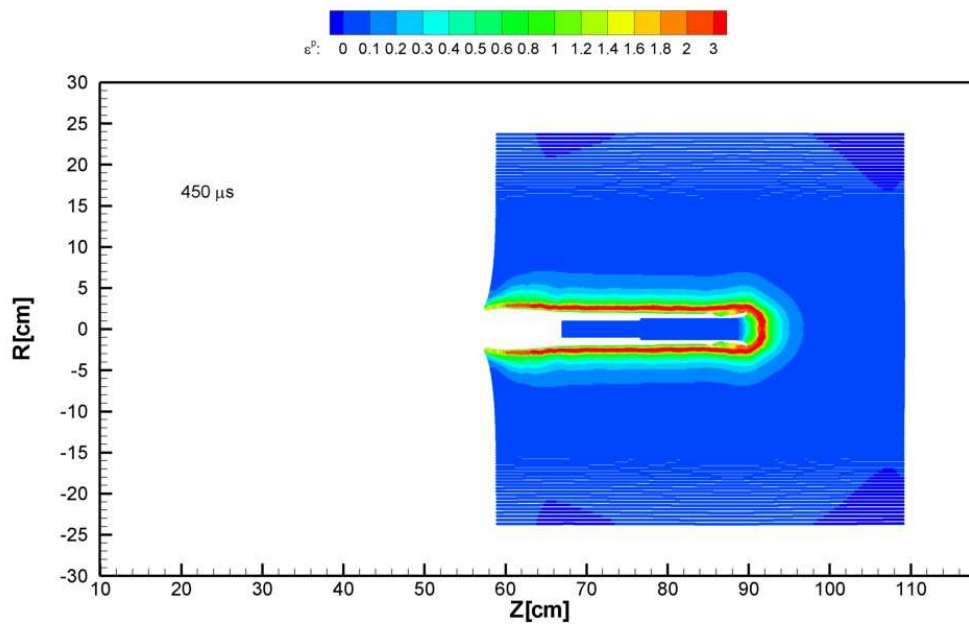
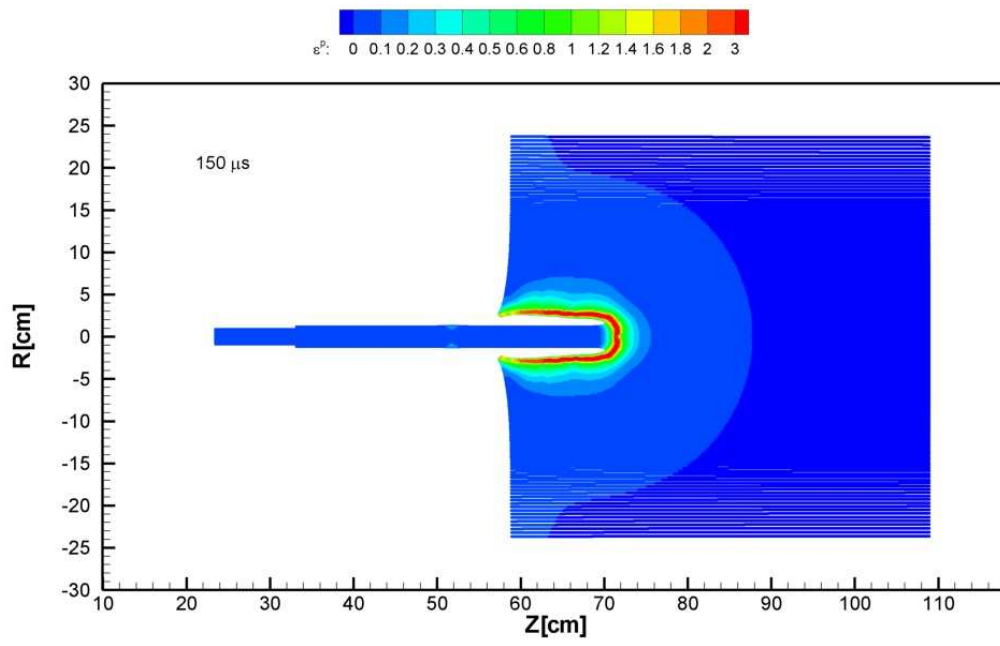


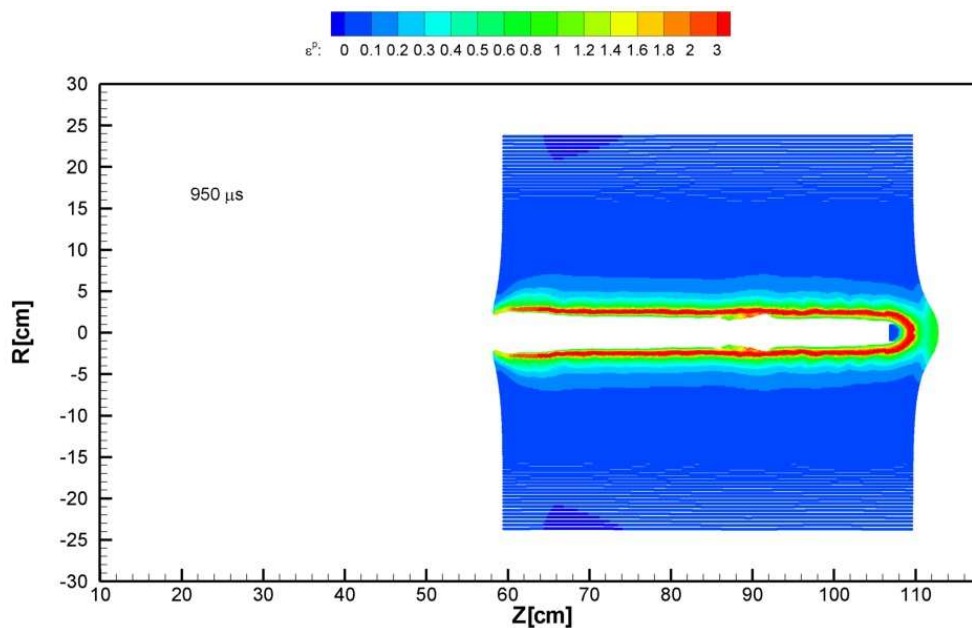


Rys.2.2. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancierza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W1). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej. Sytuacja w chwilach $150 \mu\text{s}$, $450 \mu\text{s}$ i $900 \mu\text{s}$.

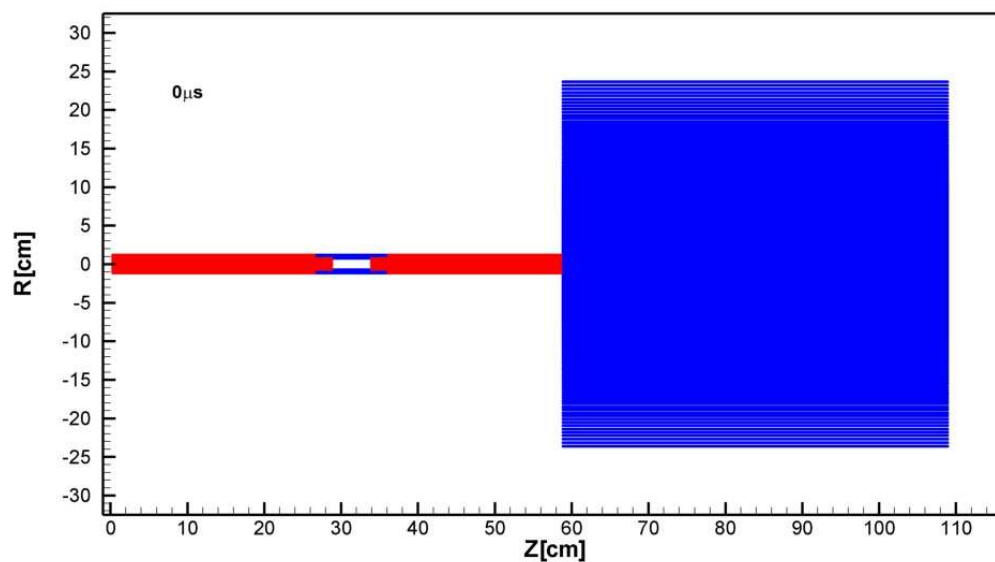


Rys. 2.3. Stan początkowy dla wariantu W2: dwusegmentowy wolframowy penetrator uderza w pancierz RHA. Cylindryczny blok ze stali RHA ma grubość 50 cm.

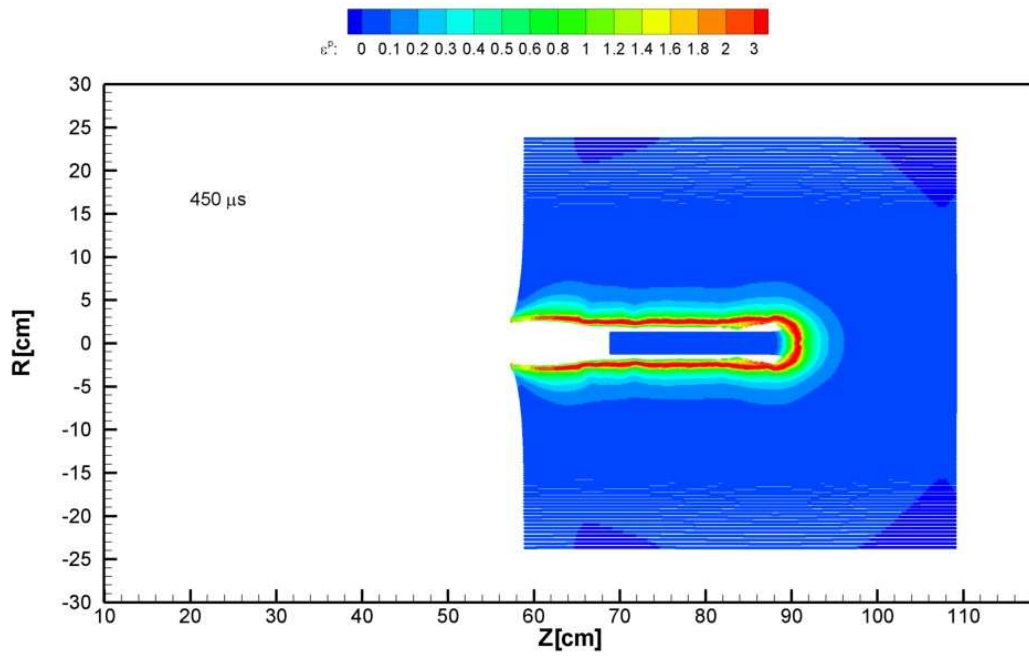
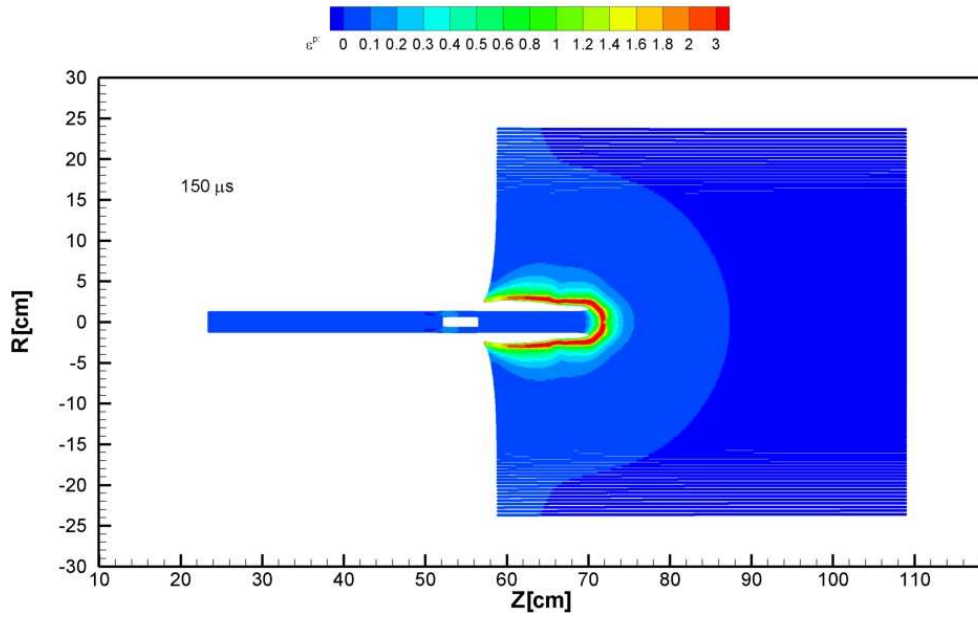


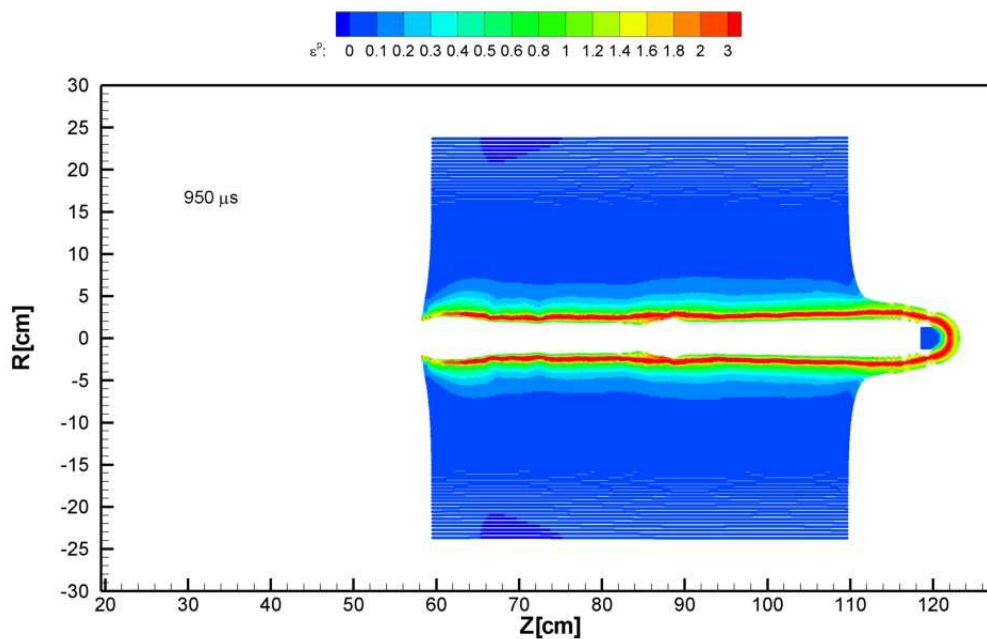


Rys.2.4. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancierza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W2). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej. Sytuacja w chwilach 150 μs, 450 μs i 950 μs.

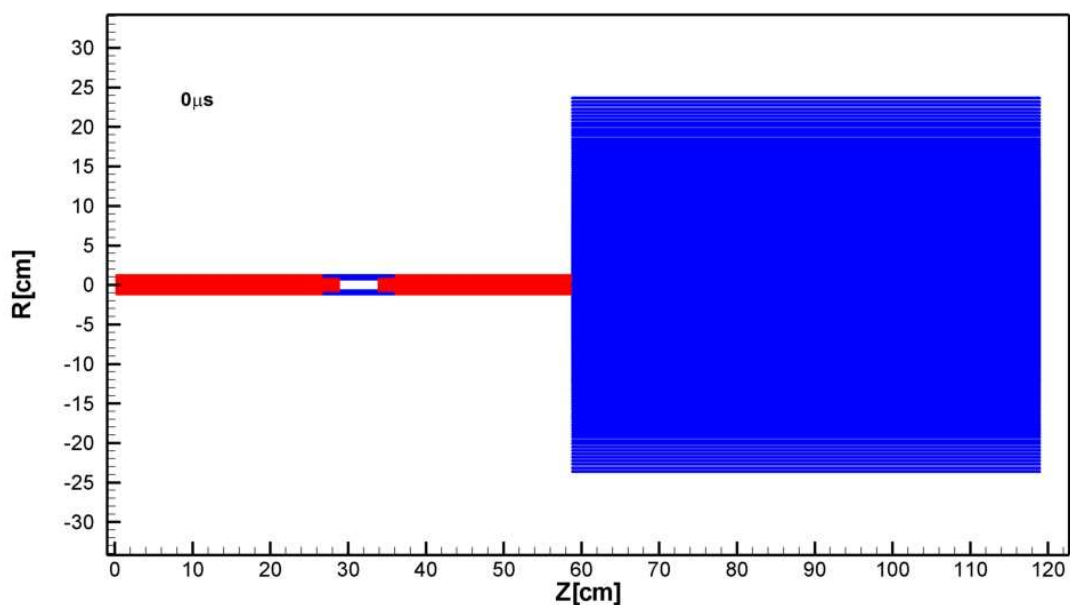


Rys. 2.5. Stan początkowy dla wariantu W3: dwusegmentowy wolframowy penetrator uderza w pancierz RHA. Cylindryczny blok ze stali RHA ma grubość 50 cm.

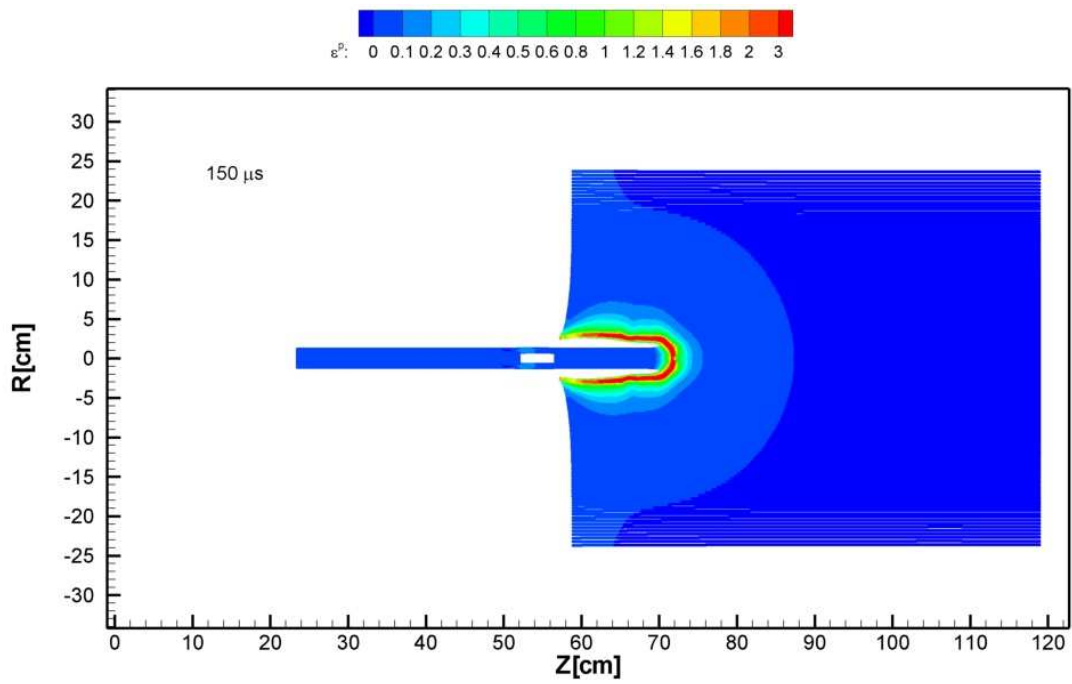




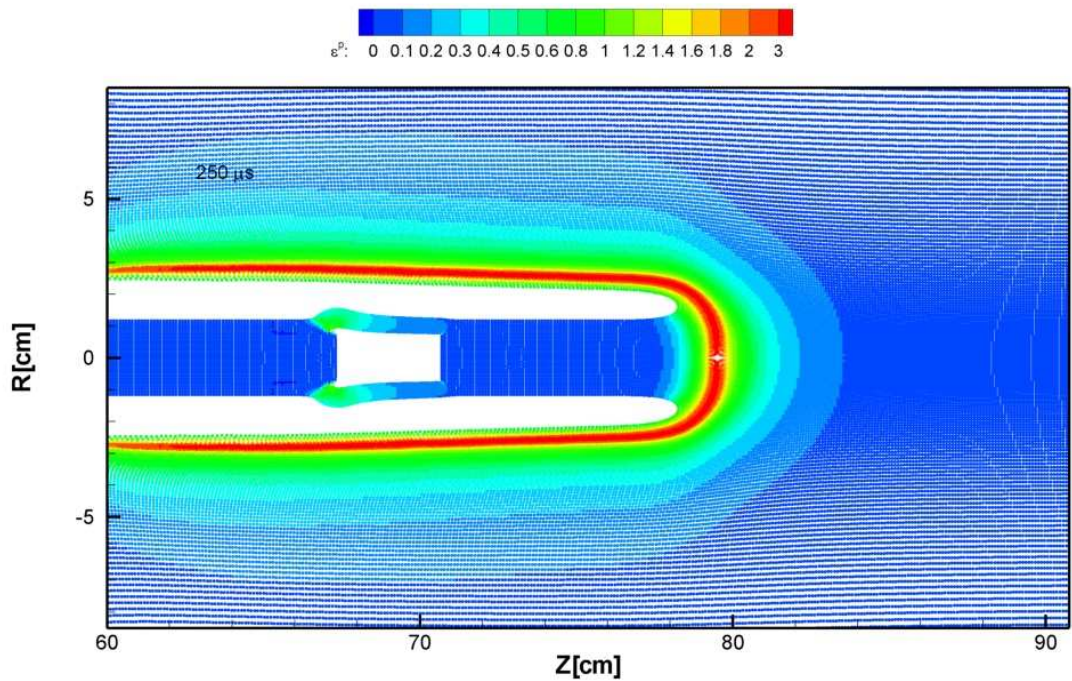
Rys.2.6. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W3). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej. Sytuacja w chwilach 150 μ s, 450 μ s i 950 μ s.

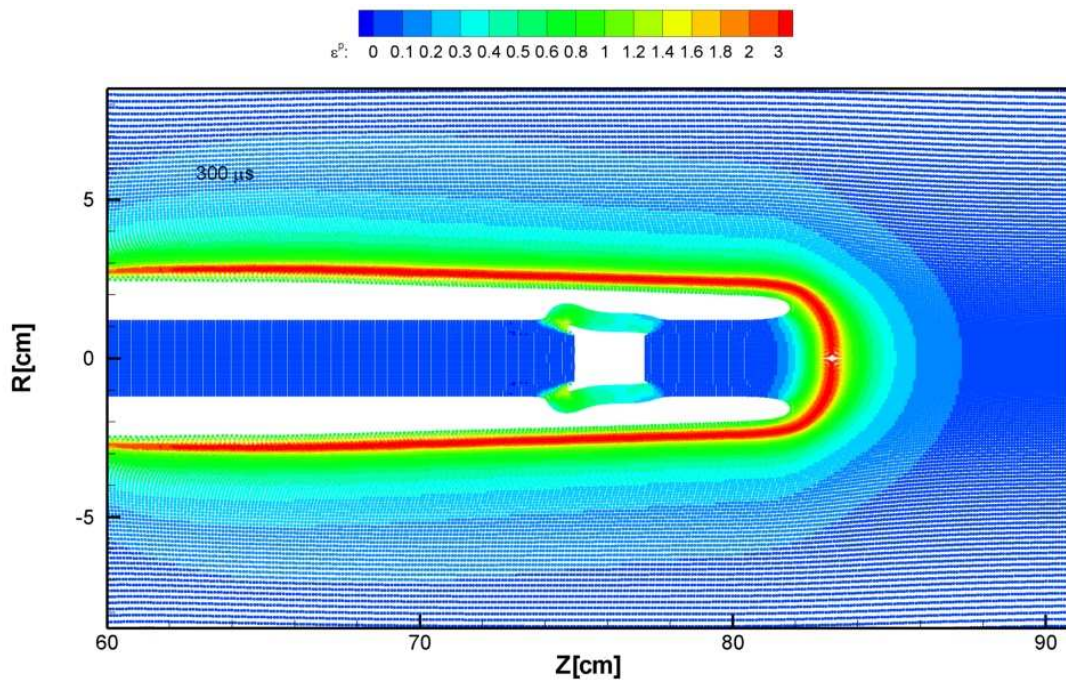


Rys. 2.7. Stan początkowy dla wariantu W4: dwusegmentowy wolframowy penetrator uderza w pancerz RHA. Cylindryczny blok ze stali RHA ma grubość 60 cm.

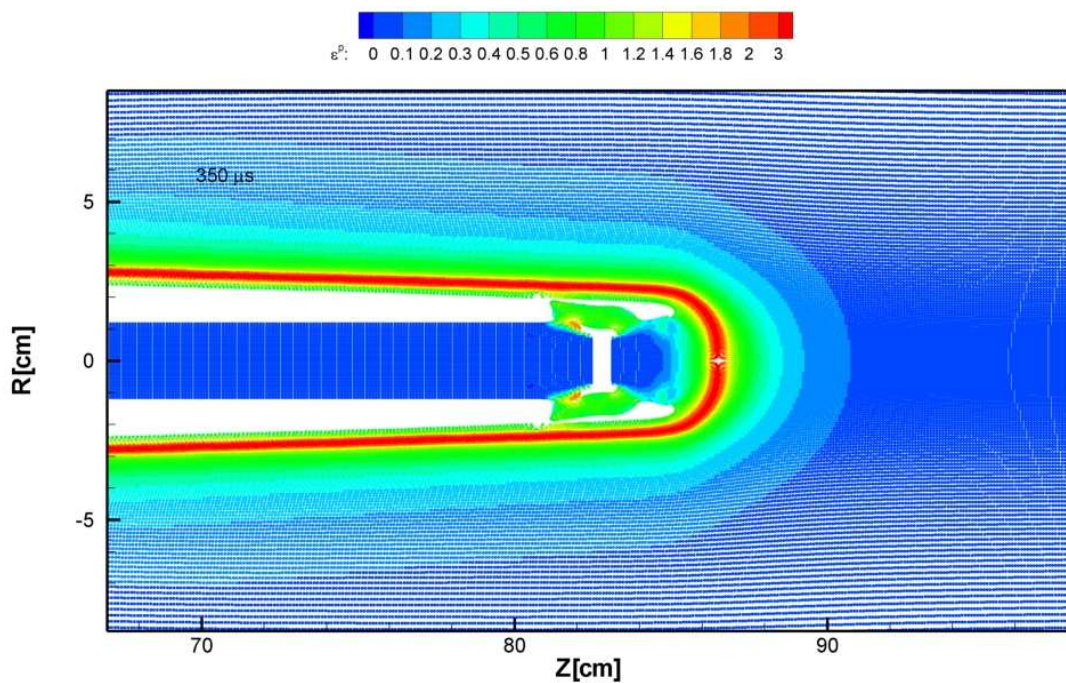


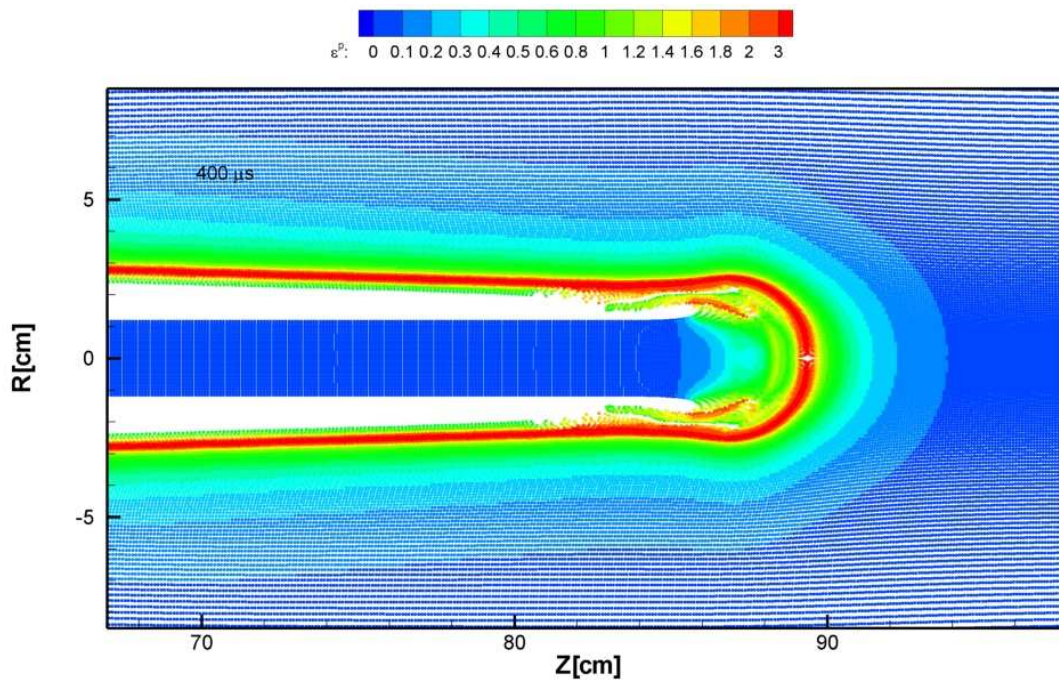
Rys. 2.8. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W4). Rozkład ekwiwalentnej deformacji plastycznej w chwili 150 μ s.



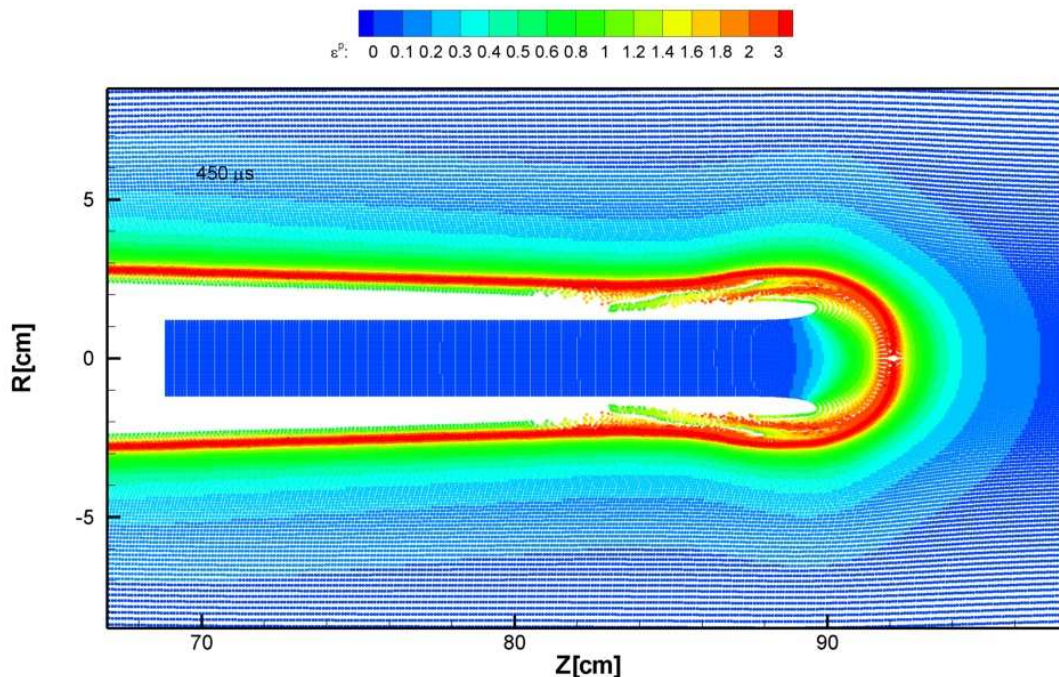


Rys.2.9. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W4). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej dla łącznika stalowego w dużym powiększeniu. Sytuacja w chwilach 250 μs i 300 μs.

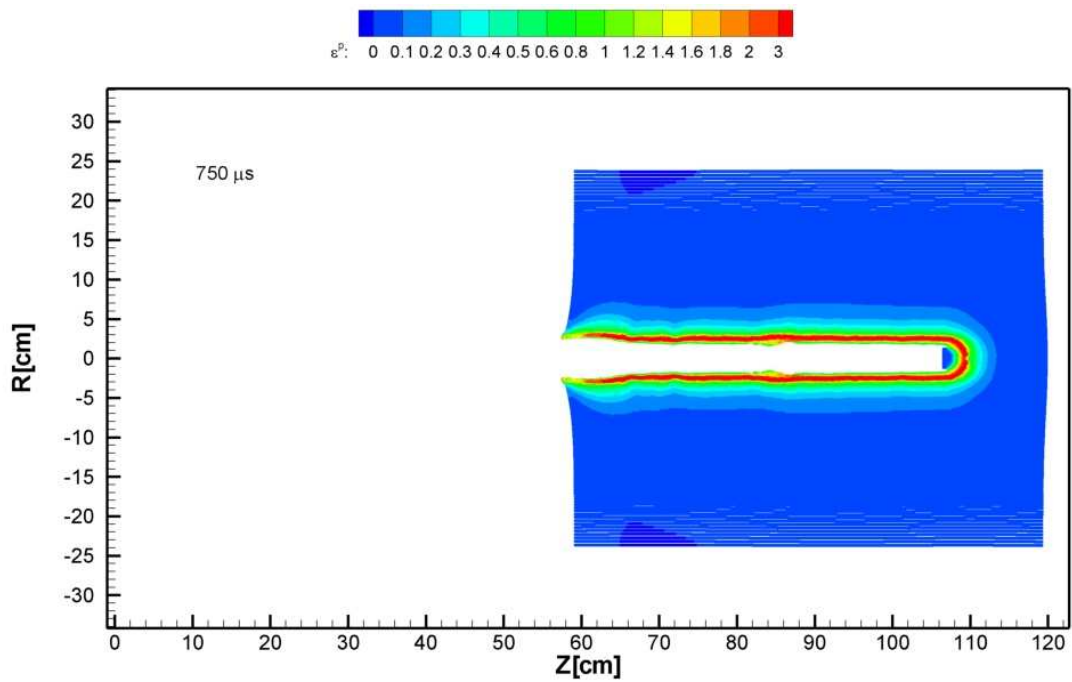
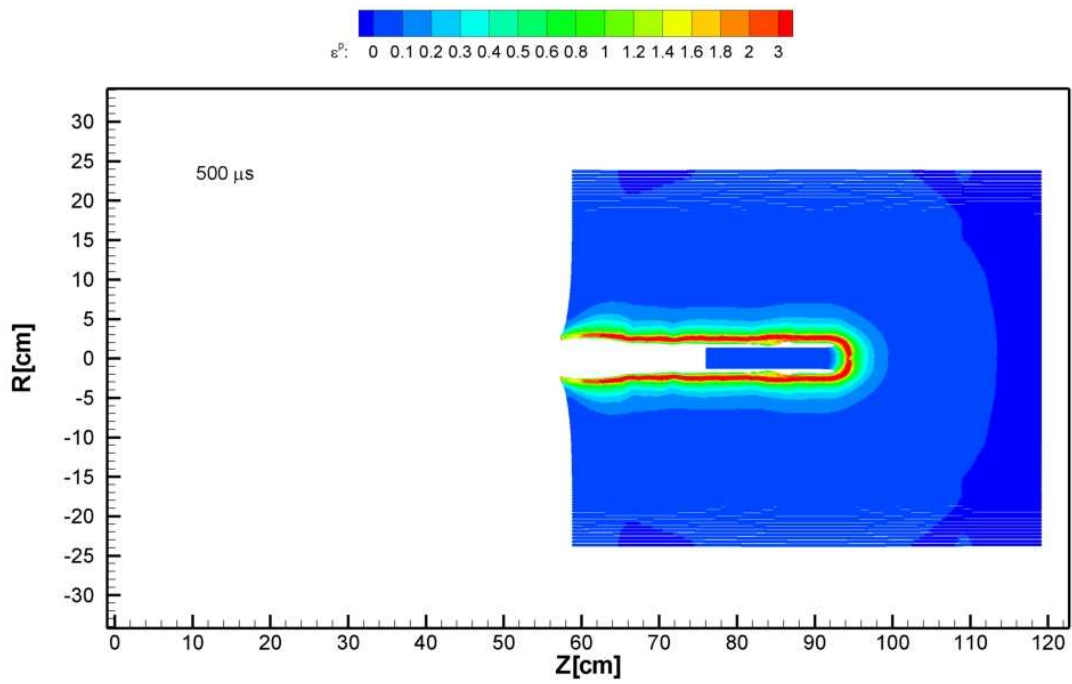




Rys.2.10. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W4). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej dla łącznika stalowego w dużym powiększeniu. Sytuacja w chwilach 350 μs i 400 μs.



Rys.2.11. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W4). Rozkład ekwiwalentnej deformacji plastycznej dla łącznika stalowego w dużym powiększeniu.. Sytuacja w chwili 450 μs.



Rys.2.12. Wyniki analizy numerycznej penetracji pancerza RHA przez dwusegmentowy pocisk wolframowy napędzony do prędkości 1550 m/s (wariant W4). Czasowa sekwencja rozkładu ekwiwalentnej deformacji plastycznej. Sytuacja w chwilach 500 μ s i 750 μ s.

3. Uwagi i wnioski

Głębokość penetracji penetratorów segmentowych w wariantach W1 i W2 jest podobna i wynosi około 460 mm RHA, co odpowiada teoretycznej głębokości penetratora jednorodnego 120 mm pocisku typu APFSDS-T (patrz praca [17]).

Penetrator pocisku w wariantach W3 całkowicie penetruje płytę RHA o grubości 500 mm mając jeszcze pewien zapas penetracji. Dzięki zastosowaniu z tulei stalowej wydłużonej w części środkowej o 50 mm uzyskano wzrost głębokości przebicia o około 7 %. Ten sam penetrator penetrujący w wariantach W4 płytę RHA o grubości 60 cm osiągnął głębokość penetracji około 500 mm.

Pomimo podanych w dostępnej literaturze rezultatów analiz numerycznych [18], z których wynikało, że segmentowanie w przypadku pocisku o prędkości 1550 m/s nie przynosi oczekiwanych korzyści w postaci zwiększenia głębokości penetracji, numeryczna analiza wariantów rozwojowych penetratora segmentowego dowiodła, że głębokość przebicia pancerza stalowego penetratorem segmentowym o odległości 5 cm pomiędzy segmentami wolframowymi, połączonymi tuleją stalową, jest większa o około 7% w stosunku do głębokości przebicia penetratorem jednorodnym o tej samej średnicy i masie.

Zaobserwowane zjawisko zwiększenia głębokości przebicia przez zastosowanie wydłużonej tulei łączącej z zachowaniem niezmięnionej masy pocisku i penetratora jest zjawiskiem nowym dla zagadnień związanych z kinetyczną penetracją pancerzy i wymaga dalszej analizy naukowej. Stanowi ono silną przesłankę do optymalizacji konstrukcji penetratorów pocisków podkalibrowych w ramach dalszych prac naukowo-badawczych.

Literatura

- [1] Orphal D.L., Franzen R.R.: Penetration Mechanics And Performance Of Segmented Rods Against Metal Targets, Int. J. Impact Engng Vol. 10, 1990, s. 427-438.
- [2] Holt C. H., Reaugh J. E., Kusubov A. S., Cunningham B. J., and Clive C. F.: Extending Projectiles: First Annual Report on Work in Progress. UCRL-ID-103353, Lawrence Livermore National Laboratory, March 1990.
- [3] Franzen R. R., and Schneidewind P. N.: Observations Concerning the Penetration Mechanics of Tubular and Helical Hypervelocity Penetrators. Proceedings of the 1989 Hypervelocity Impact Symposium, DARPA-TIO-90-02, San Antonio, TX, 12-14 December 1989.
- [4] Isbell W. M., Mensa T. L., and Pace C. D.: The GRC Telescopic Crossrod Penetrator: A New Design for the Defeat of Advanced Armors. General Research Corporation Company Proprietary White Paper, July 1995.
- [5] Weinacht P., and Ferry Jr. E. N.: Aerodynamic Predictions for Extending Projectile Designs. BRL-TR-3350, U.S. Army Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, June 1992.
- [6] Farrand T. G.: A Model-Scale Terminal Ballistic Evaluation of a Kinetic Energy Rod and Tube Penetrator. ARL-TR-697, U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, February 1995.
- [7] Lo E. Y., Legner H. H., Miller M. G., and Reinecke W. G.: Extending Projectile Pitch Control. 16th International Symposium on Ballistics, San Francisco, CA, 23-28 September 1996.
- [8] Lynch, N. J., R. Subramanian, C. Brissenden, and P. Shears.: Terminal Ballistic Performance of Novel KE Penetrators. "15th International Symposium on Ballistics", Jerusalem, Israel, 21-24 May 1995.
- [9] Magness L. S., and Frank K.: A Split-Rod Projectile Concept. Presented at the 1993

- Workshop on Kinetic Energy Penetrator Concepts, Aberdeen Proving Ground, MD, 1993.
- [10] Kucher V.: Multiple Impacts on Monolithic Steel. Proceedings of the 6th International Symposium on Ballistics, Orlando, FL, 28 October 1981.
- [11] Strobel E. L.: Review of DARPA Segmented Rod Development Efforts. Interfeometrics, Inc., Document No. 91228,5 June 1991.
- [12] Bjerke T. W., Zukas J. A. and Kimsey K. D.: Penetration Performance of Disk Shaped Penetrators. International Journal of Impact Engineering, vol. 12, no. 2, pp. 263-280, 1992.
- [13] Frank K., and J. Zook J.: Chunky Metal Penetrators Act Like Constant Mass Penetrators. Proceedings of the 12th International Symposium on Ballistics, San Antonio, TX, November 1990.
- [14] Anderson C. E., Subramanian Jr., R., Walker J. D., Normandia M. J., and Sharron T. R.: Penetration Mechanics of Seg-Tel Penetrators. International Journal of Impact Engineering, vol. 20, pp. 13-26, 1997.
- [15] Bélanger É., Gosselin P.: Engineering development analysis of segmented projectile discarding sabot. Defence R&D Canada – Valcartier, Quebec, September 2005.
- [16] De Rosset W. S., Sherrick T.: Segmented Rod Performance at Ordnance Velocity. ARL-MR-291, U.S. Army Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, MD, February 1996.
- [17] Jach K., Świerczyński R., Magier M.: Analiza numeryczna procesu penetracji stalowego pancerza przez pocisk podkalibrowy z penetratorem jednorodnym i segmentowym. Biuletyn WAT, Vol. LVII, nr 1, Warszawa, 2008r., s.185-202.
- [18] Scheffler D.R.: Two-dimensional computer simulations of segmented penetrators, Technical Report BRL-TR-3013, US Army Laboratory Command, July 1989

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2006-2008 jako projekt badawczy rozwojowy nr R 00 018 02.

NUMERICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MODIFICATION OF THE TWO-PART PENETRATOR OF A SUBCALIBER PROJECTILE ON THE DEPTH OF RHA PENETRATION

Abstract: The selected constructions of segmented kinetic projectiles were presented in this paper. From the analysis of their technical parameters the conclusions concerning the possibilities of KE projectiles penetration depth improvement were drawn. The original concept of “forced segment penetration” was presented. It is based on the use of a connector between tungsten segments of penetrator in the structure of subcaliber projectile. The connector deforming during the process of penetration reduces the distance between segments of penetrator in the way that allows the rear segment to hit in the appropriate moment the front one braking in armor. This hit additionally accelerates (through the supply of kinetic energy) the front segment what leads eventually to the increase of penetration depth. The numerical calculations of selected variants of new penetrator concept were contained in this paper.