

Autorzy: Tadeusz NIEZGODA Krzysztof KOSIUCZENKO Wiesław BARNAT Robert PANOWICZ e-mail: kmiis@wat.edu.pl
Instytucja: Wojskowa Akademia Techniczna

Tytuł plakatu: Analiza numeryczna uderzenia odłamkiem w płytę warstwową

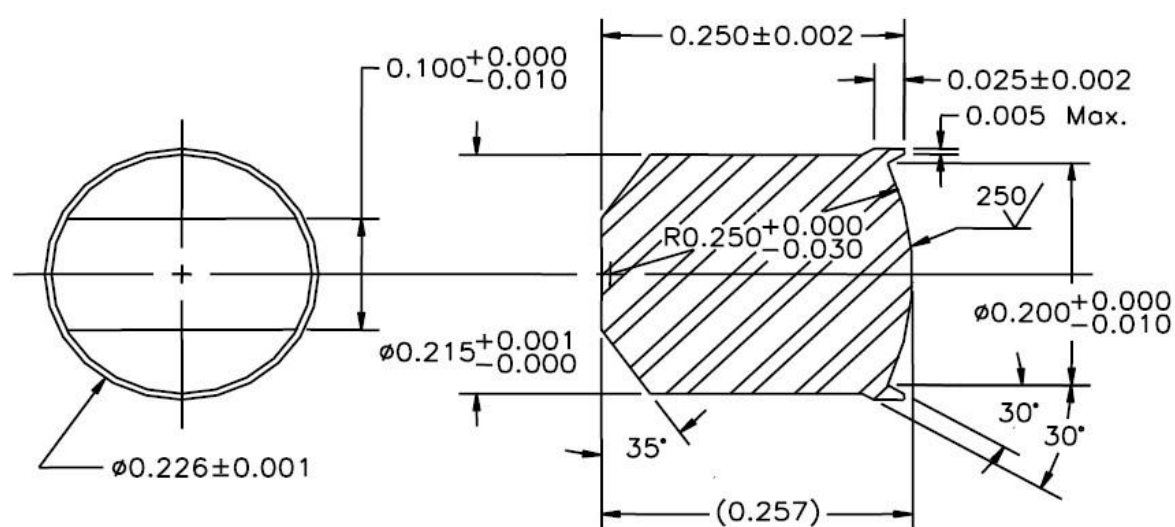


WSTĘP

Problematyka odporności na uderzenie pociskiem jest szczegółowo omawiana w wielu artykułach i dokumentach standaryzacyjnych traktujących o obiektach kuloodpornych. Analizując jednak rzeczywiste zagrożenia, można stwierdzić, że zapewnienie odporności na uderzenie pociskiem jest tylko częściowym rozwiązaniem problemu ochrony balistycznej. Statystycznie, częściej obiekt jest niszczonej w skutek uderzenia odłamkami niż samego pocisku.

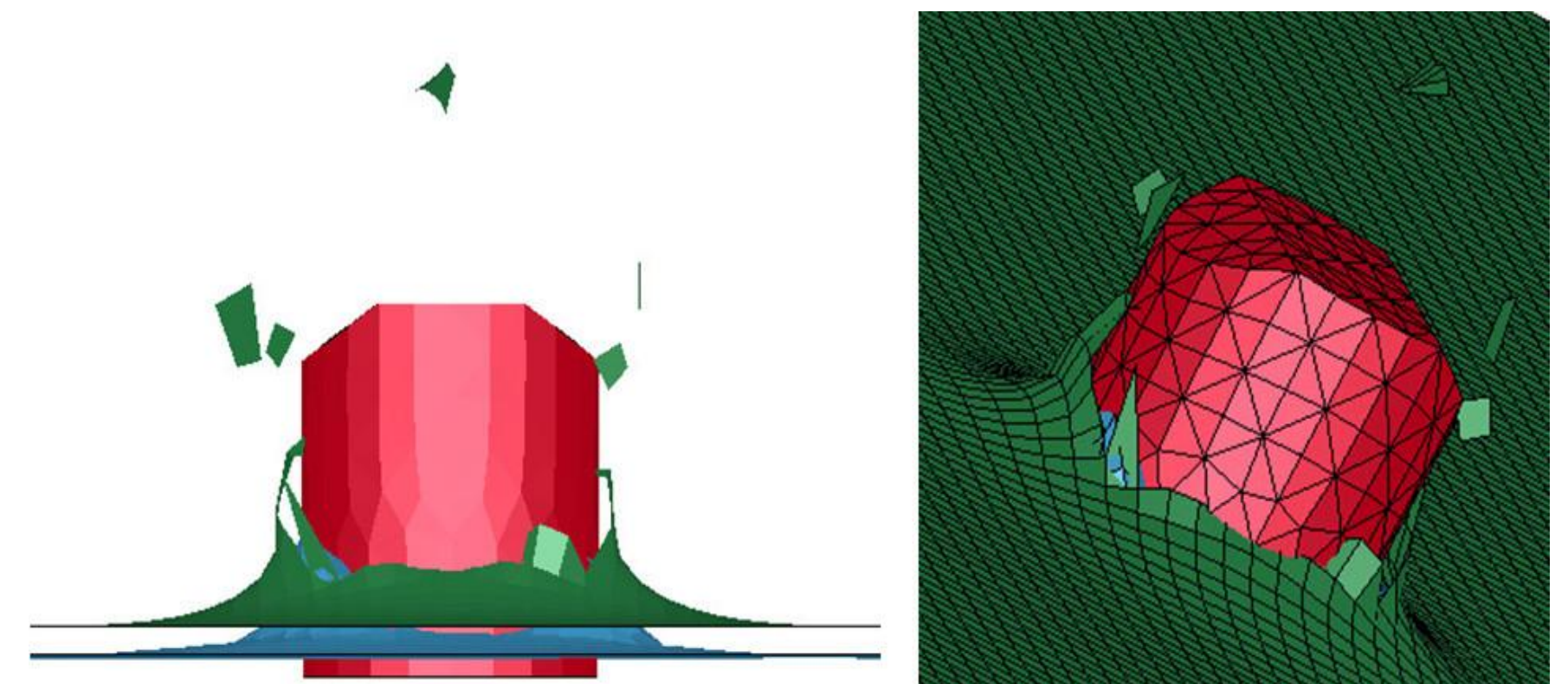
W pracy badano skutki uderzenia odłamka pocisku kalibru .22 w pancerz kompozytowy. Kształt odłamka przyjęto na podstawie amerykańskiej normy obronnej MIL-DTL-46593B. Wykonywany jest w procesie walcowania na zimno ze stali 4337H lub 4340H charakteryzującej się twardością, wynoszącą około 30 jednostek skali Rockwella. Masa odłamka wynosi 1,14g.

Pierwszą warstwę tarczy, w którą uderzał odłamek wykonano z kompozytu kewlarowego, natomiast drugą warstwę - ze stali 18G2. Kevlar jest bardzo wytrzymałym materiałem aramidowym, stosowanym m.in. w produkcji kamizelek kuloodpornych i hełmów.



WYNIKI ANALIZY NUMERYCZNEJ

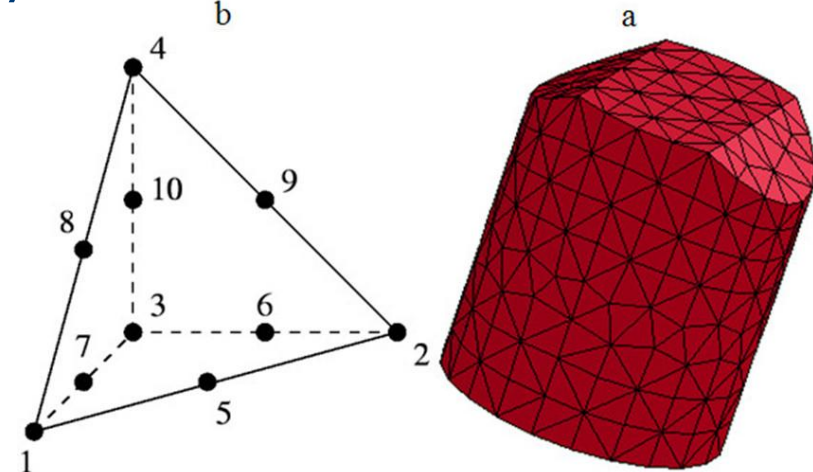
Analizę numeryczną przeprowadzono przy wykorzystaniu programu LS-Dyna. Całkowanie równań wykonano w opcji explicit z krokiem czasowym na poziomie 10 ns. Czas symulacji wynosił 10 ms. W wyniku obliczeń numerycznych metodą MES otrzymano kształt deformacji, mapy naprężeń i odkształceń oraz wykresy przebiegów czasowych procesów fizycznych zachodzących w modelu. W przypadku obu wariantów ($v = 500$ m/s i $v = 1000$ m/s) nastąpiło przebicie tarczy. Dla mniejszej prędkości zaobserwować można wybijanie większych fragmentów tarczy przez rozpędzony odłamek. Różnice pomiędzy uderzeniem odłamka, a uderzeniem pocisku są wtedy szczególnie wyraźne. Efekty „odłamkowe” są więc bardziej prawdopodobne w sytuacjach rzeczywistych, gdzie prawdopodobieństwo uderzenia odłamkiem jest znacznie wyższe niż w przypadku pocisku, a prędkości nie przekraczają 500 m/s.



MODELE MES

Budowa modelu odłamka

Geometrię odłamka opisano siatką 2237 3-wymiarowych, 10-węzłowych elementów skończonych typu TETRAHEDRON z 5 punktami całkowania. Zastosowanie takich elementów umożliwiło dobre odtworzenie geometrii obiektu oraz poprawną realizację kontaktu z elementami tarczy.

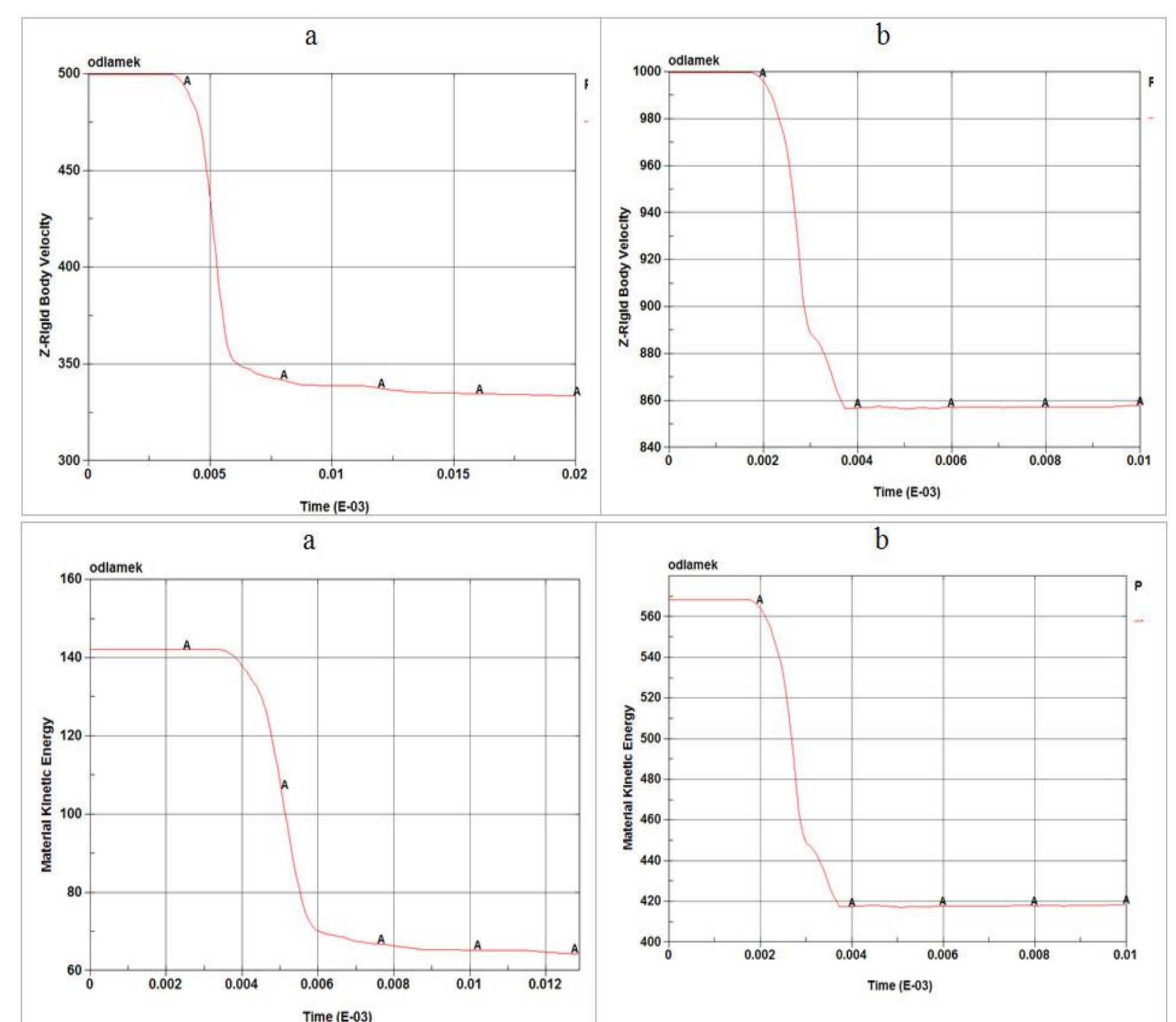


Budowa modelu tarczy dwuwarstwowej

Warstwę kompozytową tarczy, o wymiarach 10 cm x 10 cm i grubości $g = 1$ mm, opisano siatką 40 000 płaskich 4-węzłowych elementów skończonych typu SHELL. Zdefiniowano jeden punkt całkowania w każdej warstwie kompozytu. Elementom płaskim tarczy kompozytowej nadano właściwości ortotropowe. Do opisu tarczy wybrano elementy zdefiniowane formułami Hughes-Liu ze względu na ich wysoką efektywność i spójność formuł z 8-węzłowymi elementami bryłowymi. Warstwa stalowa, ułożona za tarczą kompozytową, opisana została elementami typu SHELL. Zdefiniowano jeden punkt całkowania w elemencie. Elementom stalowej tarczy nadano właściwości materiału izotropowego.

OBCIĄŻENIA POCZĄTKOWE

Obciążenie modelowano przykładając wektor prędkości początkowej v do środka masy odłamka. Rozpatrzono dwa przypadki różniące się prędkością odłamka v . Ze względu na znaczne różnice podatności w stosunku do właściwości tarczy, elementom bryłowemu opisującym odłamek przypisano właściwości materiału idealnie sztywnego (RIGID), właściwości mechaniczne tarczy zadano za pomocą modelu materiału MAT_COMPOSITE_DAMAGE. Materiał ten pozwala zarówno na definicję właściwości ortotropowych jak i na definicję kruchej niszczenia. Model niszczenia umożliwia wprowadzenie trzech kryteriów. Pierwszy z nich to warunek niszczenia osnowy, drugi to niszczenie na skutek ściskania, a trzeci niszczenie włókien poprzez rozerwanie. Warstwę izotropową tarczy zasymulowano wykorzystując model materiału sprężysto-plastycznego ze wzmocnieniem (MAT_PLASTIC_KINEMATIC). Wzmocnienie materiału opisane było funkcją Cowpera-Symondsa.



WNIOSKI

Wyniki symulacji numerycznej pozwalają lepiej poznać mechanizm niszczenia osłon ochronnych pojazdów lekko opancerzonych lub ubiorów ochronnych. Uformowanie pocisku w kształcie znormalizowanego odłamka pozwala lepiej obserwować zjawiska zachodzące podczas przebijania tarczy przez niesymetryczny obiekt.

Z badań wynika, że konstruowanie nowych osłon ochronnych powinno zawsze uwzględniać odporność na przebijanie odłamkami. Energia kinetyczna odłamka jest wystarczająca do przebicia cienkich tarcz, a rozmiar zniszczenia jest większy.

Doświadczenia zdobyte i prezentowane w niniejszej pracy będą wykorzystane przy badaniu złożonych struktur ochronnych przed IED - improwizowanymi ładunkami wybuchowymi.