

Analiza numeryczna uderzenia odłamkiem w płytę warstwową

TADEUSZ NIEZGODA, KRZYSZTOF KOSIUCZENKO, WIESŁAW BARNAT, ROBERT PANOWICZ*

Problematyka odporności balistycznej jest jednym z bardziej znaczących wyzwań współczesnej techniki. Aktualny stan wiedzy pozwala na opracowanie dokumentów standaryzacyjnych, traktujących o obiektach kuloodpornych [1, 2].

Uwarunkowania współczesnego pola walki przyjmują za odporność balistyczną zarówno odporność na uderzenie pociskiem, jak i na uderzenie odłamkiem.

W przedstawionej pracy symulowano numerycznie przebijanie dwuwarstwowej osłony przez odłamek pocisku kalibru .22. Przyjęto znormalizowany kształt odłamka na podstawie amerykańskiej normy obronnej MIL-DTL-46593B [2]. Odłamek testowy o masie 1,14 g wykonywany jest w procesie walcowania na zimno ze stali 4337H lub 4340H (30 HRC).

Pierwszą warstwę badanej osłony wykonano z kompozytu kewlarowego, natomiast drugą ze stali 18G2. Dane materiałowe zaczerpnięto z literatury [3].

Modelowanie MES

Kształt odłamka opisano siatką 3-wymiarowych, 10-węzłowych izoparametrycznych elementów skończonych typu TETRAHEDRON [4] z 5 punktami całkowania. Elementy te mają kwadratową funkcję kształtu.

Warstwę kompozytową prostokątnej osłony opisano siatką płaskich 4-węzłowych elementów skończonych typu SHELL z 1 punktem całkowania w każdej warstwie, o własnościach ortotropowych i formule Hughes-Liu.

Warstwa stalowa, ulokowana za warstwą kompozytową, zamodelowana została elementami SHELL z jednym punktem całkowania. Osłonę umocowano poprzez utwierdzenie naroży.

Zjawisko zachodzące po zetknięciu się odłamka z osłoną, podobnie jak wzajemne oddziaływanie obu warstw osłony, opisano formułami opracowanymi dla kontaktu uwzględniającego niszczenie (typu ERODING) [4].

Odłamkowi nadano prędkość początkową, której wektor – w zależności od wariantu – kierowano pod różnym kątem do płaszczyzny tarczy. Energia kinetyczna odłamka wynosiła 142 J.

W celu ułatwienia analizy wyników obliczeń, odłamkowi przypisano właściwości materiału idealnie sztywnego (RIGID). Właściwości mechaniczne pierwszej warstwy opisano modelem, który pozwala zarówno na definicję właściwości ortotropowych, jak i na definicję kruchego niszczenia (Mat-22). Model niszczenia, opracowany na podstawie [4], umożliwia wprowadzenie trzech kryteriów niszczenia.

Drugą warstwę zamodelowano materiałem sprężysto-plastycznym ze wzmocnieniem (Mat-3), przy czym wzmocnienie materiału opisane było funkcją Cowpera-Symonds [4].

Wyniki analizy numerycznej

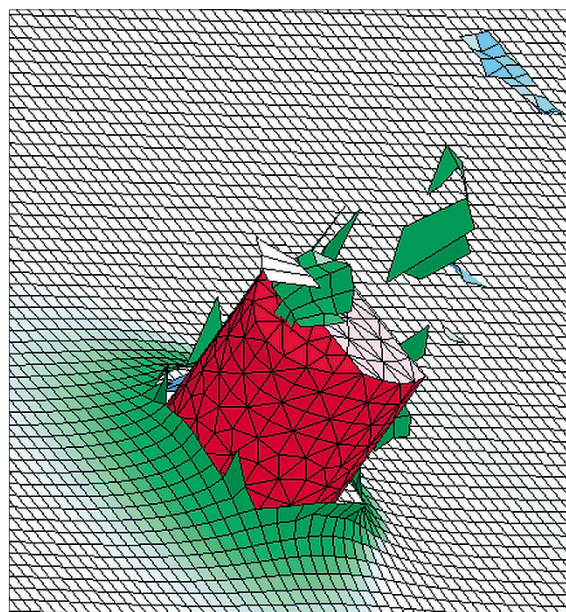
Analizę numeryczną przeprowadzono metodą MES przy wykorzystaniu programu LS-Dyna w opcji explicite [4]. W wyniku obliczeń numerycznych otrzymano kształt deformacji, mapy naprężeń i odkształceń oraz wykresy przebiegów czasowych procesów fizycznych zachodzących w modelu.

Dla zadanej prędkości początkowej odłamka i kątów padania (0° , 10° , 20°) we wszystkich wariantach następowało przebijanie tarczy. Zaobserwować można było ponadto wybijanie większych

fragmentów, pochodzących z drugiej warstwy osłony. Różnice pomiędzy uderzeniem odłamka, a uderzeniem pocisku są wtedy szczególnie wyraźne. Taki efekt niszczenia jest najbardziej prawdopodobny w sytuacjach rzeczywistych, ze względu na wyższe prawdopodobieństwo uderzenia odłamkiem niż pociskiem.

Energia kinetyczna odłamka podczas przebijania osłony zamieniana jest częściowo na energię wewnętrzną materiału tarczy. W samym odłamku, modelowanym sztywnymi elementami RIGID, nie następuje zmiana energii wewnętrznej. Ułatwia to prowadzenie analizy energochłonności projektowanej konstrukcji. Analizę taką prowadzono w oparciu o wykresy zmian energii kinetycznej oraz składowych prędkości odłamka.

Wybrane wyniki obliczeń numerycznych przedstawiono na rysunku.



Widok symulacji przebijania osłony

Wnioski

Uzyskane wyniki symulacji numerycznej pozwalają lepiej poznać mechanizm niszczenia osłon ochronnych pojazdów lekko opancerzonych lub ubiorów ochronnych. Z przeprowadzonych symulacji wynika, że konstruowanie nowych osłon ochronnych powinno uwzględniać również odporność na przebijanie odłamkami. Charakterystyka niszczenia osłony jest bowiem inna niż w przypadku pocisku.

Wyniki prac będą wykorzystane przy badaniu złożonych struktur ochronnych przed IED – improwizowanymi ładunkami wybuchowymi.

LITERATURA

1. PN-V-87000 Osłony balistyczne lekkie. Kamizelki kulo- i odłamkoodporne. Wymagania ogólne i badania, Warszawa PKN, 1999.
2. MIL-DTL-46593B (MR). Department of Defense, USA, 2006.
3. C. THAMA, V. TAN, H. LEE: Ballistic impact of a KEVLARs helmet. Experiment and simulations. Singapore, 2008, *International Journal of Impact Engineering* (2008)5, s. 304 + 318.
4. LS-DYNA Keywords User's Manual. Livermore Corp. Livermore, 2007.

* Prof. dr hab. inż. Tadeusz Niezgoda, dr inż. Krzysztof Kosiuczenko, dr inż. Wiesław Barnat, dr inż. Robert Panowicz – Wydział Mechaniczny Wojskowej Akademii Technicznej