

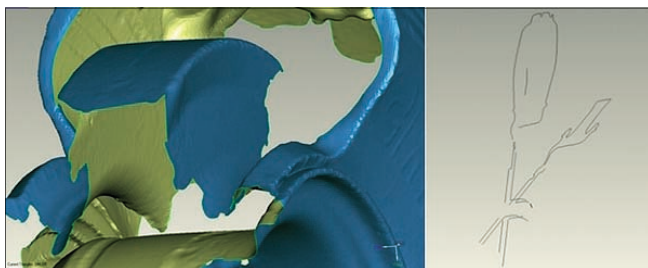
Dynamiczna analiza odpowiedzi elementów układu zawieszenia obciążonego impulsowo

PAWEŁ BARANOWSKI, JERZY MAŁACHOWSKI, TADEUSZ NIEZGODA*

Najbardziej znaczącym skutkiem wybuchu pod kołem jadącego pojazdu jest deformacja felgi koła, która podczas jazdy może doprowadzić do utraty panowania nad pojazdem przez kierującego. Przeprowadzanie badań poligonowych może okazać się zbyt kosztowne i czasochłonne. Jedną z metod pozwalających na odwzorowanie rzeczywistych warunków jest metoda elementów skończonych, oparta na metodach numerycznych mechaniki. Ujęcie symulacyjne daje możliwość zbadania układu z punktu widzenia powstałych deformacji i kumulacji naprężeń oraz, po przeanalizowaniu otrzymanych wyników, wprowadzenia modyfikacji w analizowanym układzie.

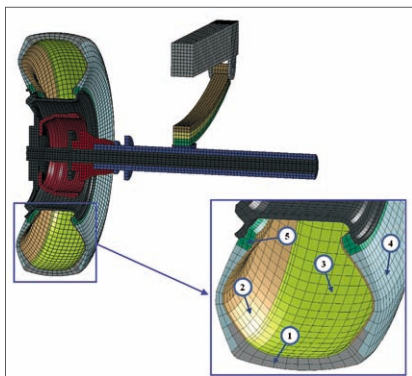
W artykule opisane są poszczególne etapy tworzenia modelu numerycznego zawieszenia samochodu terenowego. Model MES poddano wstępnym testom numerycznym, które dają możliwość weryfikacji poprawności działania zaproponowanej metody numerycznej realizacji wybuchu za pomocą impulsu ciśnienia oraz określenia wpływu propagacji fali na strukturę układu.

Obiektem badawczym są elementy zawieszenia pojazdu terenowego: belka zawieszenia, w której została skupiona $\frac{1}{4}$ masy pojazdu, resor, osłona osi, oś, piasta, bęben hamulcowy, szczęki hamulcowe, stalowa felga, opona.



Rys. 1. Zeskanowane koło oraz krzywe przekroju poprzecznego

Na podstawie dokumentacji, wykonania pomiarów metodami uniwersalnymi oraz z wykorzystaniem technik inżynierii odwrotnej [1] (krzywe przekroju koła) uzyskano wymiary geometrii elementów niezbędne do utworzenia modelu CAD (rys. 1). Model CAD posłużył do budowy modelu MES składającego się z siatki elementów skończonych typu HEX8 (elementów bryłowych ośmiowęzłowych).



Rys. 2. Model MES układu zawieszenia oraz model opony: 1 – bieżnik, 2 – osnowa, 3 – opasanie, 4 – bok opony, 5 – pasek stopkowy

Opona zamodelowana została zgodnie z rzeczywistą konstrukcją, której elementarne części to: bieżnik opony, osnowa, opasanie, bok opony oraz pasek stopkowy [2, 4] (rys. 2). Pozostałe elementy zawieszenia zostały uproszczone w celu skrócenia czasu obliczeń analiz numerycznych.

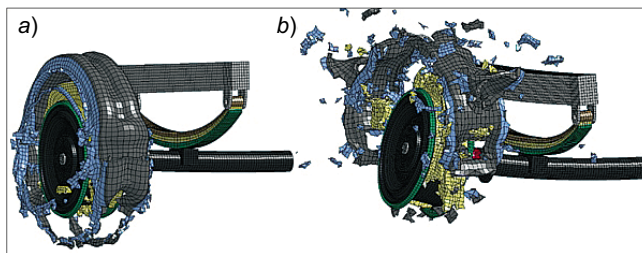
* Dr inż. Paweł Baranowski, dr inż. Jerzy Małachowski, prof. dr hab. inż. Tadeusz Niezgoda – Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej Wojskowej Akademii Technicznej

Analiza wyników ze wstępnych testów numerycznych odpowiedzi układu zawieszenia na impuls ciśnienia

Opisywany model poddany został analizie numerycznej metodą elementów skończonych w zakresie dynamicznym, z zastosowaniem programu LS-Dyna. W zadaniu tym rozwiązanie równania równowagi realizowane jest przez jawny schemat całkowania oparty na metodzie różnic centralnych [3].

Do analiz przyjęto dane materiałowe zaczerpnięte z literatury [2, 4]. Wybuch ładunku został zrealizowany numerycznie za pomocą impulsu ciśnienia opisanego przez model ConWEP [3], którego miejsce inicjacji znajdowało się bezpośrednio pod modelem opony. Dodatkowo zaimplementowano kryterium zniszczenia materiału odnoszące się do powstałych odkształceń.

W wyniku analizy otrzymaliśmy rozwiązanie określające stan deformacji (zniszczenia) układu dla dwóch chwil czasowych: $t_1 = 0,005$ s oraz $t_2 = 0,02$ s (rys. 3).



Rys. 3. Zniszczenie opony po czasie: a) 0,005 s, b) 0,02 s

Na rys. 3 widać, że rozchodząca się fala ciśnienia spowodowała prawie całkowite zniszczenie opony oraz duże odkształcenie osi w miejscu połączenia z piastą.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono numeryczną realizację wybuchu pod kołem pojazdu za pomocą impulsu ciśnienia. Na pierwszym etapie, w wyniku pomiarów standardowymi metodami oraz zastosowaniu bezdotykowego skanowania 3D, uzyskano niezbędne geometrie elementów zawieszenia do budowy modelu CAD, który na dalszych etapach posłużył do utworzenia modelu numerycznego.

Model numeryczny poddany został dynamicznym analizom numerycznym, które ukazały odpowiedź układu na zadane obciążenie. Wykonane testy numeryczne pokazały, że impuls ciśnienia spowodował zniszczenie opony oraz duże odkształcenie osi w miejscu połączenia z piastą. Trwające obecnie dynamiczne próby wytrzymałościowe próbek materiału opony pozwolą uzyskać niezbędne charakterystyki do wykonania analiz numerycznych w większym stopniu odpowiadających rzeczywistej eksplozji. Kolejne kroki realizacji zadania ukierunkowane będą na porównanie wyników z przeprowadzanych badań poligonowych z wykonanymi analizami numerycznymi.

LITERATURA

1. <http://support1.geomagic.com>
2. B. PONDEL, J. MAŁACHOWSKI: Numeryczna analiza pracy opony samochodowej. WAT, 2006.
3. J.O. HALLQUIST: LS-Dyna. Theoretical manual. California Livermore Software Technology Corporation, 2005.
4. E. TONUİK, S. UNLUSOY: Prediction of automobile tire cornering force characteristics by finite element modelling and analysis. Department of Mechanical Engineering, Middle East Technical University Turkey, 2001, *Computer and Structures, Elsevier*. ■