

XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2024

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15–18 października 2024

Problematyka modelowania struktur dwufazowych zespołów bezpieczeństwa pojazdów osobowych

Przemysław Rumianek¹, Piotr Żach¹

¹Institut Podstaw Budowy Maszyn Wydziału Samochodów i Maszyn Roboczych, Politechnika Warszawska
email: przemyslaw.rumianek@pw.edu.pl, piotr.zach@pw.edu.pl

STRESZCZENIE: Bezpieczeństwo użytkowników transportu drogowego jest priorytetowym kierunkiem działań mającym zapewnić realizację zrównoważonego transportu. Problematyka i złożoność zagadnień w przedmiocie bezpieczeństwa, była determinantą działań w zakresie opracowywania i rozwoju układów biernego i czynnego pojazdu mechanicznego. Następstwa kolizji i wypadków z udziałem niechronionych uczestników stały się postawą prac mających na celu opracowanie rozwiązań minimalizujących występowanie oraz ograniczających skutki nieszczęśliwych zdarzeń. Autorzy zweryfikowali możliwość wytworzenia polimerowych struktur porowatych na elementy buforujące pojazdów osobowych. Przebadano doświadczalnie i w wielokryterialnej analizie numerycznej oceniono skuteczność działania elementu ochrony pieszego.

SŁOWA KLUCZOWE: zespoły bezpieczeństwa, struktury porowate, polimery, MES

1. Wprowadzenie

Wzmianki dotyczące bezpieczeństwa pieszych można znaleźć w literaturze z lat 50-tych XX wieku [1], [2]. Pomimo zidentyfikowanego przez producentów i użytkowników problemu bezpieczeństwa osób niechronionych, zagadnienia nie znajdowały odzwierciedlenia w praktycznych rozwiązaniach i realizowanych pracach rozwojowych.

Rozwiązania konstrukcyjne samochodów w XX wieku, implementujące opracowane rozwiązania systemów zabezpieczających niechronionych użytkowników dróg były jedynie konceptami nigdy nie wdrożonymi do produkcji. Rozwój przemysłu motoryzacyjnego i trendy rynkowe ograniczały się do spełnienia oczekiwań właścicieli pojazdów, dla których aspekty bezpieczeństwa i ochrony osób znajdujących się poza pojazdem były nieistotne.

Zintensyfikowanie prac w zakresie rozwiązań samochodów przyczyniających się do zmniejszenia skutków wypadków z udziałem niechronionych użytkowników dróg nastąpiło w następstwie działań World Health Organization [3].

Zagadnienia i problemy oraz propozycje rozwiązań zostały opublikowane m. in. w artykułach, monografiach opracowaniach legislacyjnych [4], [5], [6], [7], [8], [9]. Dodatkowo w publikacjach Rusiński, Ptak i inni [10] poruszono ważną kwestię kinematyki uderzenia w pieszego przy uwzględnieniu wysokości umiejscowienia zderzaka i maski dla różnych pojazdów. W badaniach uwzględniony został problem rotacji ciała oraz wpływ wysokości uderzenia dla zastosowanego przedniego układu zabezpieczającego.

2. Zespoły bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych

Rozwiązania mające za zadanie chronić lub zmniejszać obrażenia niechronionych użytkowników dróg w trakcie uderzenia podporządkowane zostały pieszym, z uwagi na następstwa wypadków z udziałem uczestników tej grupy [9]. W celu zmniejszenia obrażeń zwiększa się odległość podatnych elementów zewnętrznych nadwozia takich jak zderzak, pokrywa przedziału silnika oraz części wewnętrzne np. belka za zderzakiem [11].

European Enhanced Vehicle-Safety Committee wymaga od testowania i monitorowania nowych pojazdów pod kątem oceny ich skuteczności w zakresie ochrony pieszych przy zderzeniach z prędkością do 40 km/h. Stwierdzono, że powyżej tej prędkości [9] w trakcie uderzenia w pieszego następuje zbyt duże odbicie człowieka w górę, który następnie spada w sposób niekontrolowany.

Zastosowanie absorbera energii w zderzaku ma na celu pochłonięcie i dyssypację możliwie największej ilości energii uderzenia [12]. Wynik zostaje osiągnięty, najczęściej poprzez zastosowanie materiału hiperelastycznego.

Wykorzystywanym w tym celu materiałami są termoplastyczne porowate struktury o silnie zorientowanym przestrzennym kształcie, na który składają się komory o zbieżnych powierzchniach ograniczających, rozdzielające i ukierunkowujące energię uderzenia, pozwalające na wzajemną zmianę kształtu zespołu.

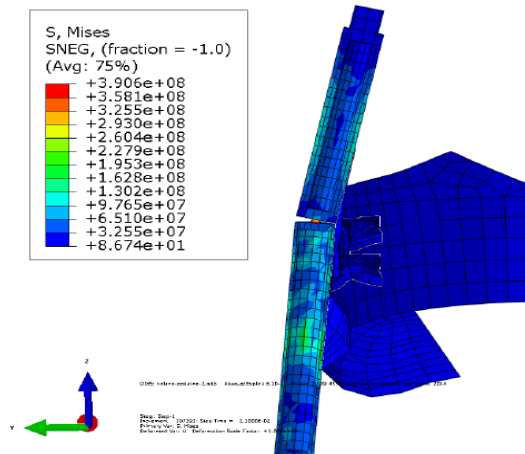
Niezbędnym jest roszczenie wiedzy o ocenę zjawisk zachodzących w strukturze elementu, na który składają się wypełnione gazem komórki termoplastycznego, ekspandowanego polipropylenu, podczas oddziaływań zewnętrznych nominalnych i krytycznych, statycznych i zachodzących dynamicznie.

3. Wybrane aspekty modelowania struktur bezpieczeństwa w pojazdach samochodowych

Wykonano ocenę zjawisk zachodzących w strukturze polimerowej struktury EPP przy wykorzystaniu narzędzi numerycznych bazujących na Metodzie Elementów Skończonych.

Badania statyczne, jednoosiowego ściskania zrealizowano dla małych i dużych prędkości odkształcania, analizując wpływ budowy na zachowanie się materiału EPP: uproszczony w postaci pianki „idealnej”, złożony – struktura została zestawiona z połączonych granulek tworzywa. Nabyte w pracach doświadczenie pozwoliło na zbudowanie i zaimplementowanie materiału EPP w środowisku symulacyjnym MES. Rozkład naprężeń w strukturze elementu spienionego pokazano na rysunku 1.

Dokonano oceny skuteczności działania elementu ochrony pieszego poprzez określenie możliwości rozpraszania energii, rozważając przypadek centralnego uderzenia w pojazd w nogę pieszego, za pośrednictwem polimerowego absorbera energii. W tym celu wykonano symulację uderzenia impaktora dolnej części nogi pieszego w przód pojazdu. W badaniach uwzględniono zmianę temperatury oraz zmianę prędkości odkształcania materiału, z którego wykonano absorber energii. Na rysunku 1 pokazano rozkład naprężeń w impaktorze nogi, po zakończeniu zderzenia.



Rys. 1. Rozkład naprężeń w impaktorze nogi pieszego

4. Podsumowanie

Modelowanie zachowania się struktur spienionych tj. pianka EPP jest zagadnieniem trudnym i wielokryterialnym, wymagającym rozważenia szeregu parametrów fizycznych np. gęstości, temperatury oraz mechanicznych m.in. prędkości odkształcania. Zachowanie się tworzywa wymaga nieliniowego opisu zachodzących zjawisk oraz dużych odkształceń. Opracowanie modelu materiałowego ekspandowanego polipropylenu, gwarantującego odwzorowanie zjawisk zachodzących w strukturze tworzywa ujawnionych w badaniach doświadczalnych wymaga ścisłego powiązania procesu z gęstością. Zaobserwowano większe dopasowanie eksperymentalnych krzywych materiałowych dla pianek o mniejszej gęstości z modelem matematycznym Mooney-Rivlin (R_Poly). W przypadku materiału o większej gęstości obserwowano zwiększenie dopasowania krzywej eksperymentalnej z krzywymi modeli matematycznych Hyperfoam.

Stwierdzono, że termoplastyczny EPP może być z powodzeniem zastosowany na zespoły bezpieczeństwa pojazdów osobowych, zmniejszające skutki kolizji i obrażenia u niechronionych użytkowników dróg.

Opracowana metoda modelowania zachowania się zespołów bezpieczeństwa, przy zastosowaniu Metody Elementów Skończonych to skuteczne narzędzie pozwalające na ocenę skuteczności absorberów energii planowanych do zastosowania w pojazdach.

Literatura

- [1] HARPER, W.W. The physical circumstances of auto-pedestrian collisions. *Ariz. Med.* **1958**, *15*, 266–272.
- [2] McClain, J.G. Automobile - Pedestrian Traffic Injuries and Fatalities. *Willamette Law J.* **1959**, *1*.
- [3] Sawin, J.; Martinot, E.; Appleyard, D. Global Status Report. *Renew. Energy World* **2010**, *13*, 24–31.
- [4] indal, A.; Mukherji, S. World report on road traffic injury prevention. *Med. J. Armed Forces India* **2005**, *61*, 91, doi:10.1016/s0377-1237(05)80135-2.
- [5] Wicher, J. (1936-) Bezpieczeństwo samochodów i ruchu drogowego. **2012**.
- [6] Mizuno, Y.; Ishikawa, H. Summary of IHRA pedestrian safety WG activities-Proposed test methods to evaluate pedestrian protection afforded by passenger cars. In Proceedings of the Proc. 17th Int. Technical Conf. Enhanced Safety of Vehicle; 2001; pp. 1–17.
- [7] European Enhanced Vehicle: European Enhanced Vehicle-Safety Committee. EEVC Working Group 22 - Virtual testing.; 2007;
- [8] K., J. (Politechnika G.; Środowiska, W.I.L. i; Transportowej), K.I.D. i Bezpieczeństwo pieszych w ruchu drogowym, a regulacje prawne. Przyczyny wypadków i możliwości poprawy sytuacji - Opinie i ekspertyzy; 2020;
- [9] European Commission REGULATION (EU) 2019/2144 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. *Off. J. Eur. Union* **2019**.
- [10] Ptak, M.; Rusinski, E.; Karlinski, J.; Dragan, S. Evaluation of kinematics of SUV to pedestrian impact-lower leg impactor and dummy approach. *Arch. Civ. Mech. Eng.* **2012**, *12*, 68–73, doi:10.1016/J.ACME.2012.03.016.
- [11] Koczyński, A.; Ptak, M.; Harnatkiewicz, P. The influence of frontal protection system design on pedestrian passive safety. *Arch. Civ. Mech. Eng.* **2011**, *11*, 345–364, doi:10.1016/S1644-9665(12)60148-4.
- [12] Gil, H.M.; Kwon, Y.D.; Kim, D.H.; Kim, Y.S. Minimizing pedestrian lower-leg injury considering rate dependence of the plastic energy absorber. *Int. J. Automot. Technol.* **2016**, *17*, 829–841, doi:10.1007/s12239-016-0081-2.