
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

ZESZYTY NAUKOWE
INSTYTUTU AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

IDENTYFIKACJA WŁASNOŚCI MATERIAŁU W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH

Krzysztof Jamroziak¹, Adam Dryhusz²
Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. Tadeusza Kościuszki,
ul. Czajkowskiego 109, 51-150 Wrocław

¹krzysztof.jamroziak@wso.wroc.pl, ²adam.dryhusz@wso.wroc.pl

Streszczenie: Onówiono zagadnienia, dotyczące identyfikacji własności materiałów stosowanych do budowy kompozytowych osłon. Na podstawie przyjętego problemu badawczego ujęto jeden ze sposobów wyznaczania charakterystyk materiałowych, niezbędnych do dalszej analizy procesu szybkozmiennych wielkości dynamicznych. Zjawiska te występują głównie w konstrukcjach, które poddawane są obciążeniom impulsowym. Do takich konstrukcji należą obiekty stosowane w zabezpieczeniu elementów maszyn, a zwłaszcza w obiektach militarnego przeznaczenia.

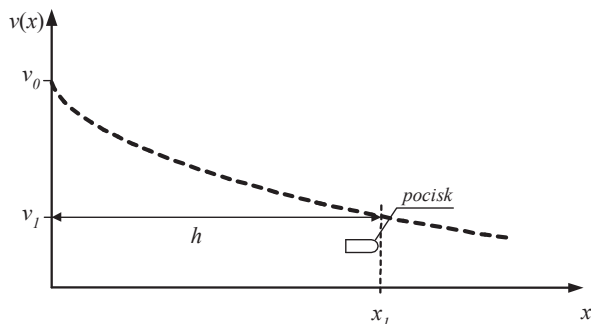
1. Wstęp

W zagadnieniach balistycznego przebijania lekkich materiałów kompozytowych, elementów maszyn lub osłon kuloodpornych, istotną rolę odgrywa zmiana prędkości deformacji od momentu uderzenia do zniszczenia (przebicia osłony). Prędkości te charakteryzują się dużymi zmianami, od prędkości bardzo dużych do małych lub równych zero w przypadku zatrzymania pocisku w osłonie. Zasadniczym zagadnieniem przy modelowaniu związków konstytutywnych materiałów, przy dużych prędkościach deformacji, jest przyjęcie modelu matematycznego. Badania wpływu prędkości wnikania pocisku w materiał często są zbyt upraszczane, przez co w identyfikacji i modelowaniu procesów przebijania uzyskuje się nieprecyzyjne wyniki. W przebijaniu lekkich materiałów kompozytowych, stosowanych do budowy elementów maszyn oraz osłon kuloodpornych, istotne znaczenie ma wiele czynników, w tym przede wszystkim prędkość uderzenia, własności dynamiczne materiału oraz sposób zamocowania osłony [1, 2, 3]. Przy dużych prędkościach uderzenia (prędkości balistyczne) sposób zamocowania osłony nie jest tak istotny, zaś materiał pracuje głównie na ścinanie w strefie przebijania. Przy małych prędkościach uderzenia sposób zamocowania jest istotny. Obok ścinania, obserwuje się w tym przypadku także rozciąganie, zginanie itp. Można zauważyć także, że jeśli pocisk uderzający wiruje wokół własnej osi z zadaną prędkością obrotową to, obok ścinania, obserwuje się także skręcanie materiału. W procesie przebijania występuje złożony stan naprężeń, który zależy od określonej prędkości względem przebijanego materiału, kształtu pocisku itp.[4, 5, 6, 7].

Drugim, istotnym problemem staje się określanie własności materiałów przeznaczonych do budowy osłon balistycznych. Możliwe jest to jedynie w przypadku przyjęcia określonego modelu przebijania materiału, z jednoczesną weryfikacją w testach quasi-statycznych z zadaną prędkością. W miarę możliwości należy dokonać oceny w warunkach rzeczywistych, tzn. w próbach poligonowych z wykorzystaniem eksperymentu balistycznego, co zaprezentowano w niniejszym artykule.

2. Ujęcie problemu

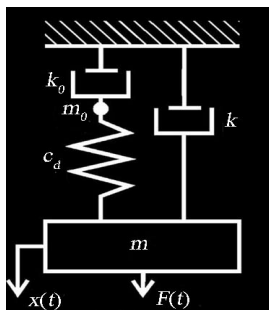
W trakcie przebijania prędkość pocisku ulega istotnym zmianom (rys. 1). Funkcja $v(x)$ opisuje zmiany prędkości, w zależności od położenia x pocisku w osłonie. Jest malejąca i jej kształt wynika z własności przebijanego materiału, gdzie: $dv/dx < 0$ dla każdego $x \in (0, h)$.



Rys. 1. Kształt zmian prędkości pocisku podczas przebijania osłony:
 v_0 – prędkość uderzenia pocisku w osłonę, v_1 – prędkość po przestrzeleniu osłony

Właściwości przebijanego materiału mają zasadnicze znaczenie w prawidłowym opisie procesu przebijania. Przyjmując model związków konstytutywnych [8, 9], w których obserwuje się podobne zależności krzywych deformacji od prędkości, poddano go analizie w testach quasi-statycznych, przy wymuszeniach kinematycznych i dynamicznych.

3. Wybrane wyniki badań

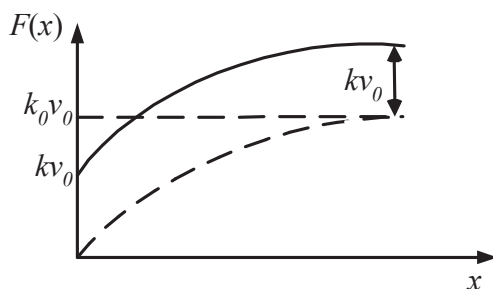


Rys. 2. Model przebijania materiału

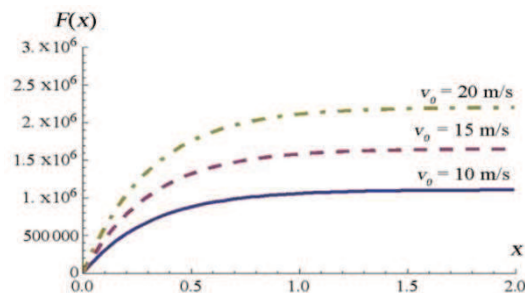
W modelu procesu przebijania (rys. 2), zakładając stałą prędkość deformacji $\dot{x} = v_0 = const$, można uzyskać dokładne wyrażenia analityczne, opisujące zależność przyłożonej siły F od deformacji x i opisać wzorem:

$$F(x) = kv_0 + k_0v_0 \left(1 - e^{\frac{-c_d}{k_0}x} \right) \quad (1)$$

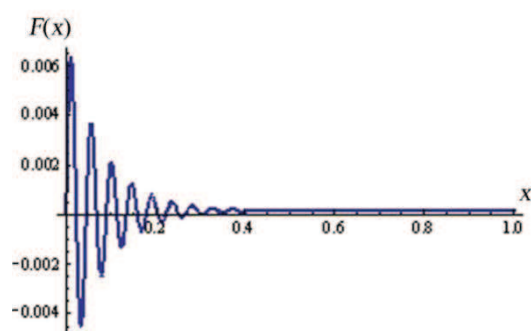
Na podstawie równania (1) przeprowadzono symulacje, uwzględniając następujące dane: $k_0 = 110\ 000 [kg/s]$, $c_d = 350\ 000 [kg/s^2]$, $k = 406 [kg/s]$, $m = 18 [kg]$. Ponadto przedstawiono przebiegi w postaci graficznej (rys. 3-6).



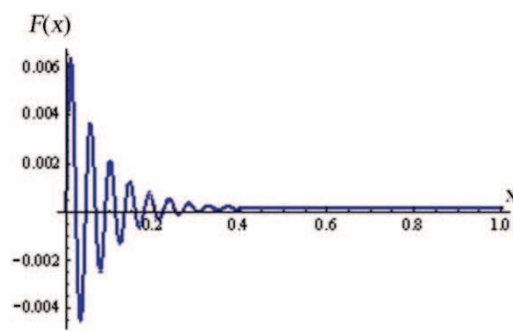
Rys. 3. Charakterystyka quasistatycznego przebijania w analizie teoretycznej



Rys. 4. Charakterystyka quasistatycznego przebijania przy wymuszeniu kinematycznym



Rys. 5. Charakterystyka odpowiedzi modelu przy wymuszeniu impulsowym prostokątnym

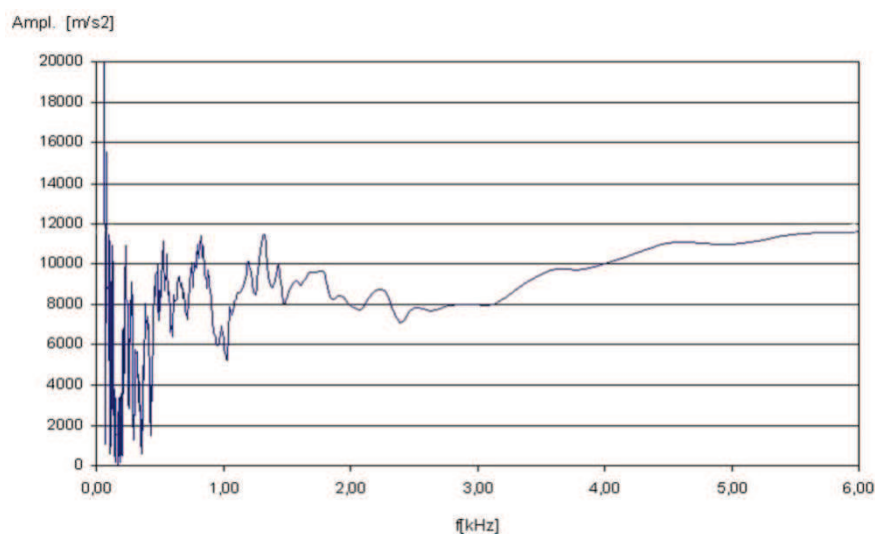


Rys. 6. Charakterystyka odpowiedzi modelu przy wymuszeniu impulsowym sinusoidalnym

4. Podsumowanie

Przedstawiona identyfikacja własności materiałów stosowanych do budowy lekkich osłon odpornych na oddziaływanie impulsowe została przeprowadzona z wykorzystaniem modelu zdegenerowanego. Model tej grupy poddany wymuszeniom dynamicznym w symulacjach komputerowych w dużym stopniu odzwierciedla charakterystykę uzyskaną w badaniach materiałowych. Cechą charakterystyczną przy identyfikacji nowoczesnych materiałów kompozytowych jest zachowanie się materiału w zakresie deformacji nieniszczącej (zakres sprężysty). Z badań eksperymentalnych wynika, że w tym przedziale obserwuje się nieliniowy charakter pracy materiału, który poddawany jest przebijaniu ze stałą prędkością. Jak pokazano na wybranych wykresach, wpływ prędkości przebijania decyduje o kącie pochylenia krzywych uzyskanych charakterystyk materiału. Przypuszcza się, że w przypadku przebijania materiału z prędkościami balistycznymi istotnym parametrem, wpływającym na własności materiału jest dekrement tłumienia.

Z wstępnych badań balistycznych i uzyskanych wyników (rys. 7), stwierdza się, że na obecnym etapie, wymagane jest dopracowanie procedury identyfikacji własności materiałów. Należy dobrać taki typ układu, aby przy tych samych amplitudach tempo dyssypacji energii uderzenia stanowiło zadowalającą zgodność. Kierunki identyfikacji własności nowoczesnego materiału kompozytowego zostały przedstawione w załączonym plakacie.



Rys. 7. Charakterystyka częstotliwościowa uderzającego pocisku 9 mm Parabellum z prędkością 358 m/s w aramidową osłonę o grubości 5 mm

Literatura

1. Jamroziak K., Bocian M., Kulisiewicz M., Piesiak S.: Zastosowanie modelu zdegenerowanego z nieliniowym elementem sprężystym w identyfikacji własności dynamicznych elementów maszyn w procesie przebicia. „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, 2006, Z. 1-M, s. 139-146.
2. Jamroziak K.: Process description of piercing when using a degenerated model. ”Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering”, 2008, Vol. 26, Iss. 1, p. 57-64.
3. Buchacz A., Żółkiewski S.: Dynamic analysis of the mechanical systems vibrating transversally in transportation. ”Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering” 2007, Vol. 20, Iss. 1-2, p. 331-334.
4. Goldsmith W., Sackman J.L.: An experimental study of energy absorption in impact on sandwich plates. „Int. J. Impact Eng.”, 1992, Vol. 12, p. 241-261.
5. Moriarty K., Goldsmith W.: Dynamic energy absorption characteristics of sandwich shells. „Int. J. Impact Eng.”, 1993, Vol. 13, Iss. 2, p. 293-317.
6. Edwards M.: Land based military applications. Section 6.37, Comprehensive Composite Materials, Elsevier.
7. Żółkiewski S.: Attenuation-frequency characteristic of beams systems in spatial motion. „Solid State Phenomena”, 2010, Vol. 164, p. 349-354.
8. Jamroziak K. i In.: Identyfikacja uderzenia balistycznego w oparciu o lekkie osłony balistyczne z wykorzystaniem nieliniowych modeli zdegenerowanych. Praca naukowo-badawcza. Cz. 1: Nieliniowe modele sprężysto-tłumiące w opisie własności materiałów. Wrocław: WSOWL, 2008.
9. Bocian M., Jamroziak K., Kulisiewicz M., Piesiak S.: Analiza komputerowa pewnego energetycznego modelu uszkodzenia układów mechanicznych poddanych długotrwałym obciążeniom dynamicznym. „Górnictwo odkrywkowe”, 2010, nr 4, s. 91-94.

THE IDENTIFICATION OF MATERIAL PROPERTIES IN DYNAMIC LOAD CONDITIONS

Summary: The issues concerning the identification of properties of materials used to composite covers construction were discussed. On the basis of accepted research problem, one way of material characteristics determination, which is necessary to further process analysis of fast-changing dynamic units, was undertaken. These phenomena occur primarily in the construction of intensive impulsive loads. Such structures include the facilities used to protect machine parts, and especially in the military destination facilities.



Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych
im. gen. T. Kościuszki - Wrocław

Zakład Logistyki

Krzysztof JAMROZIAK
Adam DRYHUSZ

IDENTYFIKACJA WŁASNOŚCI MATERIAŁU W WARUNKACH OBCIĄŻEŃ DYNAMICZNYCH

Streszczenie

Omówiono zagadnienia dotyczące identyfikacji własności materiałów stosowanych do budowy kompozytowych osłon. Na podstawie przyjętego problemu badawczego ujęto jeden ze sposobów wyznaczenia charakterystyk materiałowych niezbędnych do dalszej analizy procesu szkodliwych obciążeń dynamicznych. Procesy tych zjawisk towarzyszą przede wszystkim w konstrukcjach o wyjątkowych obciążeniach, a zwłaszcza poddane impulewowemu oddziaływaniu. Do takich konstrukcji należą obiekty stosowane w zabezpieczeniu elementów maszyn, a zwłaszcza w obłokach militarnego przeznaczenia.

Ujęcie problemu



Pomiary i analizy



Rys. 1. Laminat tabliczowy Lm1
(od lewej): polipropylenowa matryca z włókien węglanymiennymi i włókien szklanych w postaci sprężynowego kompozytu

Przebieg badań



Rys.2. Stanowisko do prób quasiostatycznych
1 - elementy zaczepki laminat tabliczowy, 2 - trypan przybielający, 3 - laminat tabliczowy Lm1, 4 - maszyna wytrzymałościowa, 5 - detektora AD33, 6 - czujniki akustyczne

Quasiostatyczne przebieganie

Wyniki



Rys. 3. Zapisywane charakterystyki rozciągania przy quasiostatycznym przebieganiu i próbie quasiostatycznej



Rys. 4. Charakterystyki przebiegania laminatu Lm1 w próbie quasiostatycznej i wytrzymałościem energii uderzeniowej

Przebieg badań



Rys. 5. Schemat stanowiska badawczego z przeznaczonymi elementami

Udarowe przebieganie

Wyniki



Rys. 6. Fotografie przedstawiają obiekty 9 mm podciskiem Paraflexum przy prędkości wylotowej 400 m/s
1) L=145x, 2) L=105x, 3) L=245x



Rys. 7. Pogląd na obiekty, jakie powstały podczas uderzenia pociskiem typu FMJ i prędkości 400 m/s



Rys. 8. Przekształcenia obiekty w punkcie uderzenia pociskiem