
WYBRANE PROBLEMY INŻYNIERSKIE

ZESZYTY NAUKOWE
INSTYTUTU AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

OCENA WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW KOMPOZYTOWYCH PODDANYCH OBCIĄŻENIOM UDAROWYM W DYNAMICE MASZYN

Krzysztof Jamroziak

Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. Tadeusza Kościuszki,
ul. Czajkowskiego 109, 51-150 Wrocław,
krzysztof.jamroziak@wso.wroc.pl

Streszczenie: Omówiono oddziaływanie materiału na masę, uderzającą z dużymi prędkościami. W analizie wykorzystano nieklasyczny model, w celu określenia wpływu własności materiału na jego deformację. Ponadto, wykorzystując symulację komputerową, przedstawiono obszar wyników zależności siły S w funkcji deformacji u

1. Wstęp

Procedury identyfikacji nieliniowego zachowania się obiektu implikują konieczność stosowania złożonych, nieliniowych modeli dynamicznych [1, 2]. Punktem wyjściowym procesu identyfikacji tłumienia drgań takich elementów jest prawidłowe założenie modelu oddziaływań sprężysto-tłumiących. Model ten na ogół zależy od rodzaju materiału, z którego wykonany jest badany element. Wiąże się to z przyjęciem określonych modeli reologicznych materiału, a także z modelami rozpraszania energii (tarcie konstrukcyjne, tarcie wewnętrzne).

Inne podejście do określenia własności sprężysto-tłumiących obecnie stosowanych materiałów konstrukcyjnych znacznie odbiega od klasycznych metod identyfikacji, opartych na liniowych prawach Hooke'a lub/i Kelvina. Zachodzące procesy podczas obciążeń dynamicznych mogą być w pełni zweryfikowane jedynie na złożonych modelach reologicznych [3, 4, 5]. Pociąga to za sobą konieczność przyjęcia bardziej złożonego modelu dynamicznego. Jednym z takich zagadnień jest ocena materiałów kompozytowych poddanych obciążeniom udarowym, zwłaszcza w przypadku typowych uderzeniach balistycznych [6].

2. Analiza i wybrane wyniki

Założono, że uderzający pocisk o masie m dla $t = 0$ i prędkości v_0 posiada energię uderzenia E_0 równą $0,5mv^2$. W momencie wnikania pocisku w materiał następuje jego hamowanie siłą S dla $t > 0$. Siła S uzależniona jest od własności materiału i jego zamocowania. Jej charakter zmienia się po przekroczeniu granicznego ugięcia u_{gr} , w którym deformacja u powoduje trwały proces niszczenia materiału (rys. 1). Zakładając, że $u < u_{gr}$, to u_{gr} wyraża się zależnością h/c_1 , a zatem równanie różniczkowe oddziaływania S na zmienną ruchu pocisku w materiale to:

$$S - c_1 u = k_0 \frac{c_1 + c_0}{c_0} \dot{u} - \frac{k_0}{c_0} \dot{S} \quad (1)$$

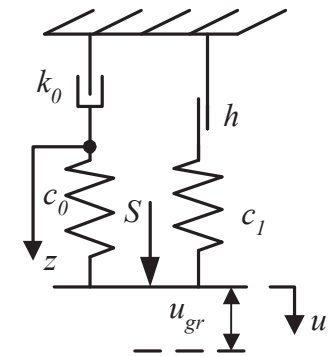
Równanie różniczkowe ruchu pocisku w materiale dla $S = -m\ddot{u}$ w postaci:

$$m\ddot{u} - c_1 u + \frac{k_0}{c_0} [(c_1 + c_0)\dot{u} + m\ddot{u}] = 0 \quad (2)$$

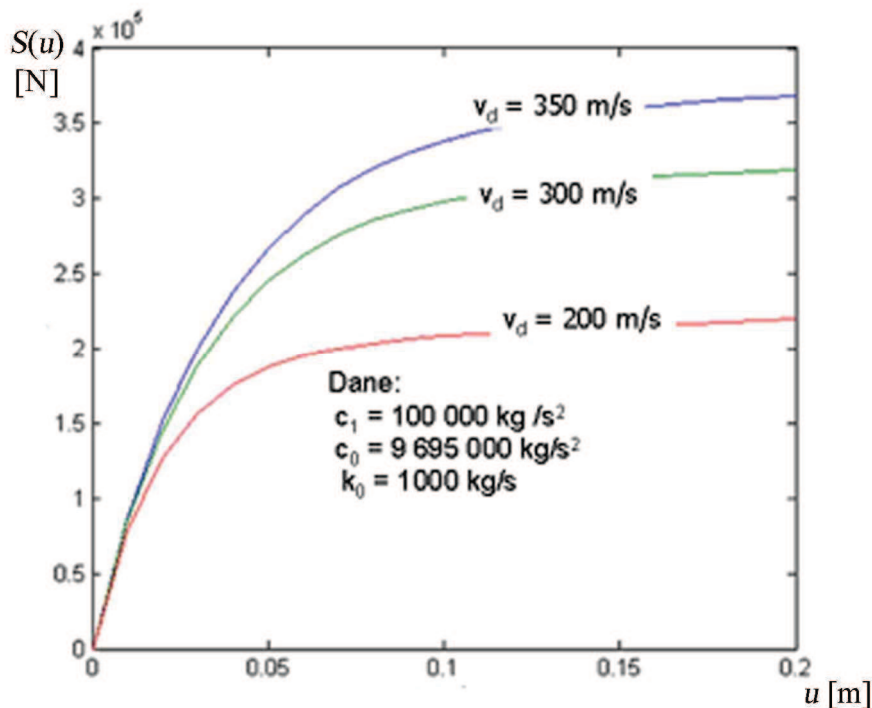
Zakłada się, że $t \in (0, t_{gr})$ i $u(t) \cong v_d t$ to ostatecznie zależność siły S od przemieszczenia $u(t)$:

$$S(u) = k_0 v_d + c_1 u - k_0 v_d e^{\frac{-c_0 u}{k_0 v_d}} \quad (3)$$

Przyjmując określone dane liczbowe parametrów modelu, stwierdzono, że graficzna postać zależności (3) na podstawie symulacji komputerowej wykazuje wpływ zachowania się materiału na prędkość uderzenia (rys. 2).



Rys. 1. Analizowany model deformacji materiału dla $u < u_{gr}$



Rys. 2. Zależność siły przebicia S w funkcji przemieszczenia u dla próby quasistatycznej

3. Podsumowanie

W analizie wykazano, że wytracenie energii E_0 zależy:

- od charakterystyki materiału, którego parametry, opisane w modelu stałymi c_0 , c_1 , k_0 , mają istotny wpływ na wytracenie całkowitej energii uderzenia E_0 w zakresie deformacji materiału nieprzekraczającej wartości u_{gr} , wyrażonej stosunkiem wpływu tarcia h suchego do sztywności statycznej materiału c_1 ,

- w przypadku niespełnienia powyższego warunku dobrania parametrów modelu, w taki sposób, aby ΔE było minimalne po przekroczeniu wartości u_{gr} , czyli E_{gr} osiągnęło wartość:

$$E_{gr} = \int_0^{u_{gr}} S du = \max \quad (4)$$

Podsumowując, stwierdza się, że na proces związany z uszkodzeniem materiału (zwiększenie jego trwałości) decydujące znaczenie mają następujące parametry:

- własności o możliwie małej sztywności statycznej osłony (stała c_1),
- własności o możliwie dużej sztywności dynamicznej osłony (stała c_0),
- odpowiedni dobór stałej k_0 , opisującej rozpraszanie energii,
- siły przebijania (stała h), wpływające na poprawę wartości granicznej.

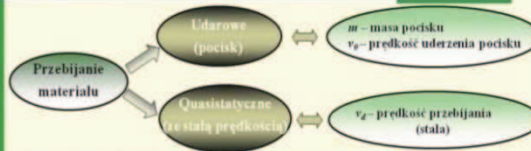
Literatura

1. Kulisiewicz M.: Modeling and identification of nonlinear mechanical systems under dynamic complex loads. Monograph. Wrocław University of Technology, 2005.
2. Piesiak S.: Identification of mechanical systems in domain nonlinear and degenerated dynamical models. Monograph. Wrocław University of Technology, 2003.
3. Stronge W. J.: Impact mechanics. Cambridge University Press 2000.
4. Bocian M., Jamroziak K., Kulisiewicz M.: Determination of the chain-like non-linear multi-degree-of-freedom systems constant parameters under dynamical complex loads. „The Journal PAMM”, 2009, Vol. 9, Iss. 1, p. 397-398.
5. Buchacz A., Żółkiewski S.: Charakterystyki dynamiczne złożonych układów podatnych z uwzględnieniem ruchu unoszenia. Monografia. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2007.
6. Bourke P.: Ballistic impact on composite armour. Cranfield University 2007.

THE EVALUATION OF COMPOSITIES MATERIALS PROPERTIES SUBJECTED TOTHE IMPACT LOADING IN MACHINES DYNAMICS

Summary: The impact of the material on the striking mass with high speeds was discussed. In the analysis a non-classical model was used to determine influence of material properties on its deformation. Moreover, by using computer simulation certain area of the results of S force dependence in u function of deformation.

1. OKREŚLENIE PROBLEMU

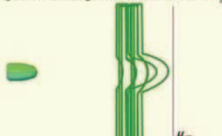


Jak określić właściwości materiału w procesie przebijania?
Czy będą to identyczne właściwości w obu przypadkach?
Czy można przenieść stałe materiałowe z prób quasistatycznych na przebijanie udarowe?
Jeśli tak to dla jakich prędkości?

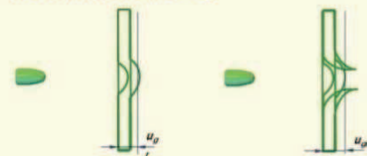
Model teoretyczny.
Jaki?

2. MODEL PRZEBIJANIA I JEGO ZAŁOŻENIA

a) deformacja nietrwała $u < u_{gr}$

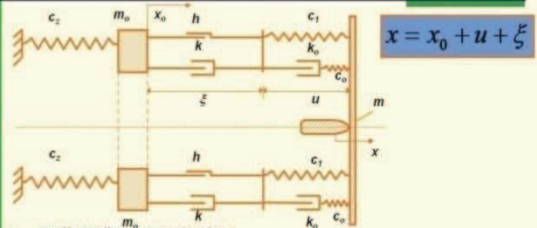


b) deformacja trwała $u > u_{gr}$



314

3. MODEL DYSKRETNY PRZEBIJANIA



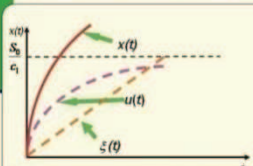
c_1 – współczynnik zamocowania osłony,
 c_2 – współczynnik statycznej sztywności elementu standardowego,
 c_3 – współczynnik sztywności dynamicznej elementu standardowego,
 k_0 – współczynnik tłumienia w zakresie deformacji nietrwałych,
 k – współczynnik tłumienia w zakresie deformacji trwałych,
 h – współczynnik tarcia w zakresie deformacji trwałych (tarcie suche),
 x_0 – przemieszczenie osłony,
 x – przemieszczenie pocisku po uderzeniu w osłonę,
 m_0 – masa pocisku,
 m – masa osłony,
 u – zmiana określająca deformację nietrwałą,
 ξ – zmiana określająca deformację trwałą.

4. ANALIZA MODELU W PRÓBACH STATYCZNYCH I QUASISTATYCZNYCH

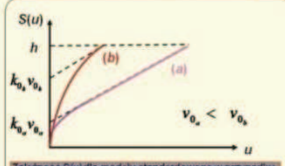
Rozważając matematyczny opis modelu w próbach statycznych i quasistatycznych zauważa się, że w procesie tym istotne znaczenie posiada faza deformacji nietrwałej, ponieważ zwiększając wartość u_{gr} zwiększa się zakres deformacji nietrwałej.

$$x = u + \xi = \frac{S_0}{c_1} \left(1 - e^{-\frac{c_1}{k_0} u} \right) + v_p \cdot t$$

$$S(u) = k_0 v_0 + c_1 u - k_0 v_0 e^{-\frac{c_1}{k_0} u}$$



Przebieg deformacji materiału pod wpływem stałej siły przebijania $S_p > h$. Sztywność zamocowania ($c_1, m_0 = 1$)



Zależność $S(u)$ dla modelu standardowego w przypadku małych (a) i dużych (b) prędkości przebijania v_0

314

WNIOSKI

Z zaprezentowanej analizy wynika, że proces związany z uszkodzeniem materiału (zwiększenie jego trwałości) decydujące znaczenie mają następujące parametry:

- ✦ własności o możliwie małej sztywności statycznej osłony (stała c_1),
- ✦ własności o możliwie dużej sztywności dynamicznej osłony (stała c_0),
- ✦ odpowiedni dobór stałej k_0 – opisującej rozpraszanie energii,
- ✦ wpływające na poprawę wartości granicznej siły przebijania (stała h).

Istotny warunek wykorzystania tych wyników w praktyce:
OPRACOWANIE METODY IDENTYFIKACJI MATERIAŁÓW W PROCESIE ICH PRZEBIJANIA Z WYKORZYSTANIEM ODPOWIEDNIEGO MODELU.

314