

Badania energochłonne profili aluminiowych w różnych konfiguracjach wypełnień

Paweł Bogusz, Michał Stankiewicz, Grzegorz Sławiński

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna
email: pawel.bogusz@wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl, grzegorz.slawinski@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: Przeprowadzono badania dynamiczne cienkościennych profili aluminiowych. Zamierzeniem badań było wyznaczenie charakterystyki siła-przemieszczenie, w celu określenia zdolności elementów energochłonnych do absorpcji energii uderzenia. Struktury takie mogą zostać wykorzystane jako elementy tłumiące skutki obciążenia falą wybuchu pojazdów wojskowych i osób w nich przewożonych. Wykorzystano profile okrągłe o średnicy zewnętrznej $\varnothing 50$ mm. Zostały one wypełnione trzema rodzajami materiałów. Są to: korek NL25, spienione aluminium o małej gęstości i, spienione aluminium o dużej gęstości. Materiały, które posłużyły do wypełnienia badanych profili aluminiowych zostały również oddzielnie przebadane na ściskanie. Badania dynamiczne wykonano na sprężynowym młocie udarowym własnej konstrukcji. Próby zostały sfilmowane kamerą do zdjęć szybkich. Wykresy otrzymane z pomiarów zostały porównane pod kątem energochłonności.

SŁOWA KLUCZOWE: badania energochłonne, struktury energochłonne, materiały spienione, badania eksperymentalne

1. Przedmiot i zakres badań

Fala uderzeniowa powstająca podczas eksplozji ładunków wybuchowych pod lub w pobliżu wozów bojowych stanowi śmiertelne zagrożenie dla załogi i pasażerów znajdujących się wewnątrz pojazdu bojowego. Czyni się więc wysiłki mające na celu ograniczenie tego wpływu, tak by zwiększyć szanse przeżycia załogi i zredukować obrażenia. Niewielkie struktury energochłonne zainstalowane w konstrukcji siedzeń załogi mogą przyczynić się do zmniejszenia obrażeń otrzymanych w wyniku uderzenia falą wybuchu.

Idea instalowania struktur energochłonnych pod siedzeniami w celu ochrony załogi i pasażerów nie jest nowa. Znalazła ona zastosowanie w lotnictwie. W podłogach śmigłowców stosuje się energochłonne konstrukcje chroniące załogę i pasażerów śmigłowca przed skutkami awaryjnego lądowania. Energia absorbowana jest dzięki łamaniu podwozia, niszczeniu foteli, a także struktury dolnej kadłuba wraz z elementami energochłonnymi [1]. Jako materiały energochłonne stosuje się kompozyty, czy konstrukcje przekładkowe. Przekładki typu plaster miodu (rys. 2) wykonane z aluminium zastosowano do wypełnienia aluminiowego ożebrowania spodniej części kadłuba śmigłowca Augusta [2].

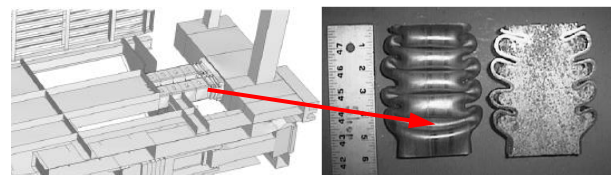


Rys. 2. Struktura typu sandwicz z rdzeniem w postaci plastra miodu [2]

W pracach [3 i 4] przeanalizowano sposób projektowania cienkościennych absorberów.

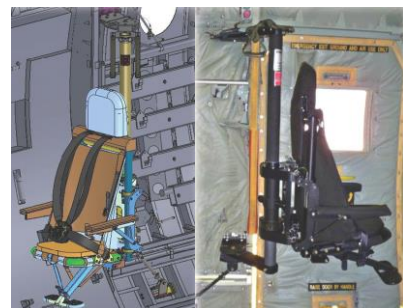
Elementy energochłonne w postaci profili aluminiowych wypełnionych materiałami spienionymi są wykorzystywane w kolejnictwie do budowy energochłonnych stref zgniotu. Bogata literatura [5-8] prezentuje wyniki badań eksperymentalnych i symulacyjnych elementów absorbujących energię uderzenia, zastosowanych w konstrukcji

strefy zgniotu wagonu. Strukturę przebadaną w pracy [8] przedstawiono na rys. 2.

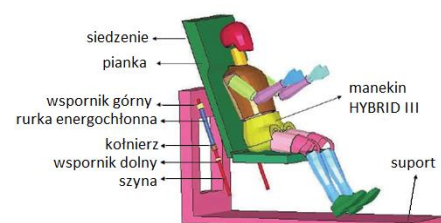


Rys. 2. Struktura energochłonna zastosowana w strefie zgniotu wagonu [8]

Firma BEA Systems produkuje obecnie szeroką gamę foteli do śmigłowców i samolotów (rys. 3), przystosowanych do ochrony członków załogi zarówno przed skutkami ostrzału, jak również przed skutkami awaryjnego lądowania. Przykładowe zdjęcie konstrukcji fotela dla samolotu transportowego C-130 tej firmy przedstawiono na rys. 3 [9].



Rys. 3. Fotel dla transportowca C-130 firmy BEA [9]



Rys. 4. Konstrukcja siedzenia energochłonnego wozu bojowego [10]

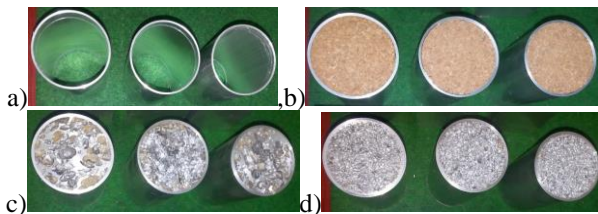
W pracy [10] przedstawiono studia nad siedzeniem pochłaniającym energię w samolocie rolniczym.

W pracy [11] zaprezentowano badania numeryczne nad konstrukcją siedzenia przeznaczoną dla wozu bojowego. W ramie siedzenia wkomponowana jest rurka aluminiowa, której zadaniem jest pochłanianie energii (rys. 4).

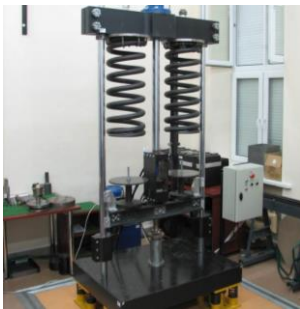
Analizy teoretyczne i eksperymentalne fotela energochłonnego dla 5-tonowego samochodu wojskowego M925A1 przedstawiono w pracy [12].

2. Opis próbek i metodologia badań

W badaniach wykorzystano okrągłe profile aluminiowe o średnicy zewnętrznej $\varnothing 50$ mm. Grubość ścianki wynosiła 2 mm, a wysokość 100 mm. Profile aluminiowe zostały przebadane w czterech konfiguracjach wypełnień przedstawionych na rys. 3: bez wypełnienia; korek NL25; spienione aluminium o gęstości $0,36 \text{ g/cm}^3$; spienione aluminium o gęstości $0,51 \text{ g/cm}^3$. Przebadano po trzy próbki z każdej rozpatrywanej konfiguracji.



Rys. 3. Próbkę profili w konfiguracjach wypełnień:
a) bez wypełnienia; b) korkiem NL25;
c) aluminium $0,36 \text{ g/cm}^3$ d) aluminium $0,51 \text{ g/cm}^3$



Rys. 4. Sprężynowy młot udarowy do badań dynamicznych

Badania dynamiczne wykonano na sprężynowym młocie udarowym – rys. 4. Pomiar siły realizowany był czujnikiem piezoelektrycznym. Pomiar przemieszczenia odbywał się za pomocą laserowego czujnika triangulacyjnego. Badania przeprowadzono dla prędkości obciążenia 7 m/s i dla masy belki $95,6 \text{ kg}$. Wszystkie próby zostały sfilmowane kamerą do zdjęć szybkich.

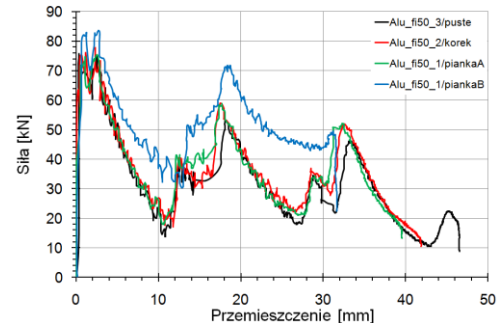
3. Wyniki badań eksperymentalnych

W tabeli 1 przedstawiono wyniki badań aluminiowych elementów energochłonnych o różnej konfiguracji wypełnień. Obliczono wartości średnie z trzech prób.

Wykresy na rys. 5 przedstawiają wyniki badań dla próbek z przebadanymi konfiguracjami wypełnienia. Zarówno dla profili bez wypełnienia jak i z wypełnieniami otrzymano wykresy o kształcie piły. Każdy „ząbek” piły odpowiada tworzeniu się pofałdowania na profilu.

Tabela 1. Wyniki uśrednione badań profili albuminowych

Wypełnienie	Ściśnięcie [mm]	Siła maksymalna [kN]	Siła średnia [kN]
pusta	45,5	75,7	26,3
korek	40,2	75,1	31,8
pianka A	35,7	84,4	48,1
pianka B	41,6	76,5	31,3



Rys. 5. Zestawienie wykresów siła przemieszczenie dla wszystkich konfiguracji wypełnień

4. Podsumowanie

Wnioski z przeprowadzonych badań:

- 1) stwierdzono ograniczony wpływ wypełnień z korka i z pianki A na wykresy obciążenia. Przebiegi sił niszczących są tylko nieznacznie wyższe niż dla próbek pustych. Tłumaczy się to niewielką siłą niszczącą zanotowaną przy ściskaniu wypełnień korka i pianki A w statycznych badaniach ściskania;
- 2) dla profili wypełnionych pianką B występuje wyraźny wzrost siły niszczącej.

W pracy przedstawiono badania profili aluminiowych wypełnionych korkiem i porównano je do typowych wypełnień z materiałów spienionych i do próbek niewypełnionych.

Praca została wykonana w ramach projektu Nr DOBR-BIO4/022/13149/2013, finansowanego przez NCBiR.

Literatura

- [1] Ubels L. C., Wiggenraad J. F. M., *Increasing the survivability of helicopter accidents over water*, National Aerospace Laboratory, NLR-TP-2002-110, February 2002.
- [2] Niu M. C. Y., *Composite airframe structures. Practical design information and data*, Conmilit Press Ltd, Hong Kong 1992.
- [3] Keeman D., *An engineering approach to crashworthiness of thin walled beams and joints in vehicle structures*, Thin Walled Structures, Vol. 28, No. 3/4, str. 309-320, 1997.
- [4] Alghamdi A. A. A., *Collapsible impact energy absorbers: an overview*, Thin walled structures, Vol. 39, str. 189-213, 2001.
- [5] Pereira M. S., *Structural crashworthiness of railway vehicles*, 7th world congress of rail research, Montreal, Kanada, 2006.
- [6] Tyrell D., Tsai T., *Improved crashworthiness of rail passenger equipment in the united states*, World Congress on Railway Research, Montreal, Canada, June, 2006.
- [7] Kremer K., *Metal foams for improved crash energy absorption in passenger equipment*, Fraunhofer USA, Newark, Delaware, 2004.
- [8] Mayville R. A., Johnson K., Stringfellow R., Tyrell D., *The development of a rail passenger coach car crush zone*, Proceedings of the 2003 IEEE/ASME Joint Rail Conference, Chicago, Illinois, 2003.
- [9] BEA Systems, *C-130 Loadmaster Seat, C-130.pdf*, strona internetowa BEA Systems, www.baesystems.com/, dostęp 2016.
- [10] Kellas S., *Energy absorbing seat system for an agricultural aircraft*, NASA/CR-2002-212132, December 2002.
- [11] Tabiei A., Nilakantan G., *Reduction of acceleration induced injuries from mine blasts under infantry vehicles*, 6th European LS-DYNA Users' Conference, Gothenburg, Szwecja, 2007.
- [12] Alem N. M., Strawn G. D., *Evaluation of an energy-absorbing truck seat for increased protection from landmine blasts*, USAARL Report, Vol. 96-06, 1996.