

Badania udaroodporności materiału spienionego obciążonego bijakami o różnym kształcie

Paweł Bogusz, Roman Gieleta, Michał Stankiewicz, Marcin Konarzewski

Katedra Mechaniki i Informatyki Stosowanej, Wojskowa Akademia Techniczna

email: pawel.bogusz@wat.edu.pl, roman.gieleta@wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl, marcin.konarzewski@wat.edu.pl

STRESZCZENIE: Statystyki pokazują, że co najmniej 50% wszystkich urazów doznawanych przez funkcjonariuszy policji w czasie służby stanowią urazy wywołane atakiem z użyciem tępych narzędzi. Wynika z tego, że kamizelki używane w policji powinny zapewniać nie tylko doskonałą odporność balistyczną, ale również ochronę przed tego typu zagrożeniami. Materiały spienione są potencjalnym kandydatem jako materiały ochraniacze i wkłady kamizelek kuloodpornych i nożoodpornych. Celem pracy jest określenie skutków dynamicznego uderzenia w materiał spieniony bijakami o różnych kształtach. Wykorzystano cztery rodzaje bijaków: płaski, walcowy, krawędziowy i narożny. Zasympulowano w ten sposób obciążenia od uderzeń przedmiotami jakimi może być poddana kamizelka kuloodporna lub ochraniacz funkcjonariusza służb, jak na przykład: płaska deska, kij bejsbolowy, krawędź cegły, kostka brukowa czy ostry kamień. Obciążenie udarowe było przykładane dynamicznie na młocie opadowym. Wyznaczono wykresy siły w funkcji ściśnięcia próbek i energie zabsorbowane przez próbki. Na dokumentacjach fotograficznych przedstawiono skutki uderzenia bijaków i sposób niszczenia próbek z materiału spienionego.

SŁOWA KLUCZOWE: badania udarowe, uderzenie tępym przedmiotem, energia absorbowana, mechanika eksperymentalna

1. Wstęp

Tematem pracy jest określenie odporności wybranego materiału spienionego na skutki uderzenia tępymi przedmiotami o różnych kształtach.

Kamizelki kuloodporne i nożoodporne są wytwarzane pod konkretne zastosowania, które warunkują ich budowę. Występujące rodzaje zagrożeń zależą od rodzaju środowiska pracy i typu służby. Statystyki pokazują, że co najmniej 50% wszystkich urazów doznawanych przez funkcjonariuszy policji w czasie służby stanowią urazy wywołane atakiem z użyciem tępych przedmiotów, 35% wszystkich urazów powstaje na skutek ataku z użyciem noża lub innego ostrego narzędzia, a jedynie do 15% urazów dochodzi w czasie ataku z użyciem broni palnej [1]. Wynika z tego, że kamizelki powinny zapewniać nie tylko doskonałą odporność balistyczną, ale również ochronę przed zagrożeniami urazów wywołanych atakiem z użyciem tępych przedmiotów, noża lub innego ostrego narzędzia. Materiały spienione są potencjalnym kandydatem do budowy ochraniaczy i wkłady kamizelek kuloodpornych i nożoodpornych. Główną ich zaletą jest bardzo niska masa własna. Aluminiowe materiały spienione są powszechnie wykorzystywane jako elementy absorbujące energię uderzenia. Właściwości energochłonne materiałów spienionych analizowano m.in.: w [2 i 3]. W [4] przedstawiono szerokie badania wpływu gęstości pianki poliuretanowej na jej właściwości wytrzymałościowe i energochłonne. Pianki z polichlorku winylu (PVC) stosuje się powszechnie w strukturach typu sandwich. Jego uplastyczniona odmiana PPVC znajduje zastosowanie np. w przemyśle samochodowym, jako elementy energochłonne części struktury nadwozia [5].

2. Opis próbek i metodologia badań

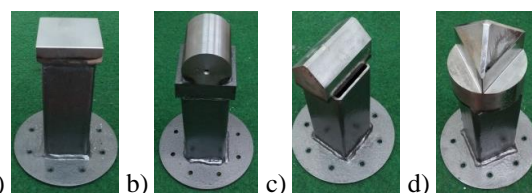


Rys. 1. Przykładowa próbka na stanowisku pomiarowym

W pracy przedstawiono badania udarowe na młocie opadowym materiału spienionego Herex C70.130 wykonanego ze spienionego PVC o gęstości 130 kg/m^3 .

Przygotowano próbki prostopadłościennne o wymiarach $70 \times 70 \times 40 \text{ mm}$. Przykładową próbkę zainstalowaną na stanowisku pomiarowym przedstawiono na rys. 1.

Obciążenie udarowe było przykładane dynamicznie za pomocą różnych kształtów bijaków. Wykorzystano cztery rodzaje bijaków: płaski, walcowy, krawędziowy i narożny, które zostały przedstawione na rys. 2. Zasympulowano w ten sposób obciążenia od uderzeń przedmiotami jakimi może być poddana kamizelka, jak na przykład: płaska deska, kij bejsbolowy, krawędź cegły, kostka brukowa czy ostry kamień.



Rys. 1. Bijaki użyte w badaniach materiału spienionego:
a) płaski; b) walcowy; c) krawędziowy; d) narożny

3. Sposób przeprowadzenia badań

Badania udaroodporności materiału spienionego przeprowadzono na stanowisku młota opadowego, pozwalającego na zautomatyzowany pomiar siły, przemieszczenia, szybkości uderzenia i wysokości zrzutu.

Tabela 1. Parametry zrzutu belki młota opadowego

Rodzaj bijaka	Masa belki z bijakiem [kg]	Wysokość zrzutu [mm]	Średnia energia zrzutu [J]
Płaski	14,8	1343	195
Walcowy	16,1	1235	195
Krawędziowy	15,1	1316	195
Narożny	15,8	1258	195

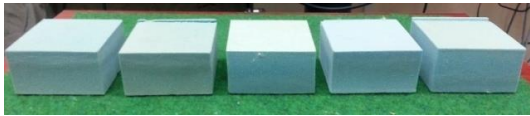
Dla każdej próby ustalano wysokość zrzutu, tak by energia zrzutu wynosiła 195 J. Parametr ten został ustalony na podstawie pomiarów średniej statystycznej energii kinetycznej rzutu kostką brukową lub cegłą przez dorosłego mężczyznę, która została pomierzona podczas dodatkowych badań eksperymentalnych. Szczegółowe parametry zrzutu zostały przedstawione w tabeli 1.

Przyjęta wartość średnia energii uderzenia jest ponad dziesięciokrotnie większa niż energie obciążania przyjmowane w normach dotyczących badań obciążenia tępym narzędziem.

W brytyjskiej normie BS 7971-8:2003 [6] za podstawę badań przyjęto 20 J, a w polskiej normie PN-EN 1621-2:2014-03 [7] założono obciążenie energią 50 J.

Dla bijaków płaskiego, walcowego i narożnego przebadano po pięć próbek. Dla bijaka krawędziowego przebadano sześć próbek. Dla początkowych prób obciążenie zrzucono ze 100% założonej wysokości zrzutu (tabela 1). W przypadkach, gdy energia uderzenia była zbyt duża i próbka ulegała fragmentacji, zmniejszono stopniowo wysokość zrzutu o 20%, a jeśli nie zapobiegło to fragmentacji, o 50% wysokości początkowej.

Próbki materiału spienionego po badaniach bijakiem płaskim przedstawiono na rys. 3. Żadna z przebadanych próbek nie uległa fragmentacji. Na całej powierzchni próbek wystąpiło trwałe, równomierne odkształcenie.



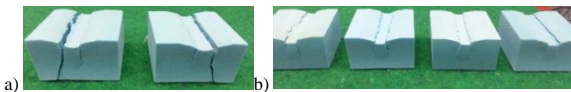
Rys. 3. Próbki 1-5 (od lewej) obciążone bijakiem płaskim

Próbki po badaniach bijakiem walcowym nie uległy fragmentacji – rys. 4. Na powierzchni górnej powstały półokrągłe wgłębienia i pęknięcia.



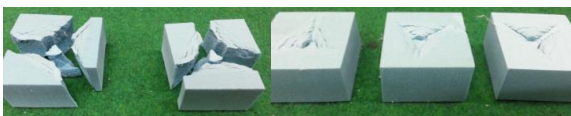
Rys. 4. Próbki 1-5 obciążone bijakiem walcowym

Dla próbek obciążonych bijakiem krawędziowym zaobserwowano różny stopień zniszczenia dla różnych próbek, dlatego w tym przypadku wykonano sześć prób. Próbki 2, 4-6 (rys. 5b) nie uległy rozczłonkowaniu. Występowały trwałe odkształcenia odwzorowujące kształt bijaka i pojawiły się pęknięcia. Dla próbek 1 i 3 obciążenie zrzutu spowodowało szczególnie duże pęknięcia widoczne na zdjęciach na rys. 5a). Rozdzielone pęknięciem części próbek trzymały się razem na niewielkich fragmentach.



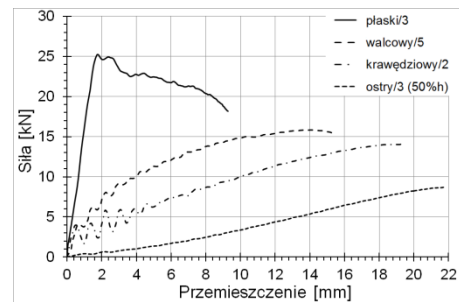
Rys. 5. Próbki: a) 1 i 3; b) 2, 4, 5 i 6 po badaniach bijakiem krawędziowym

Próbki po badaniach bijakiem narożnym przedstawiono na rys. 6. Na podstawie doświadczenia z innych prób zmniejszono początkową wysokość zrzutu bijaka narożnego na 1006 mm (80% wysokości bazowej). Po dwóch powtórzeniach stwierdzono, że próbki ulegają całkowitemu rozerwaniu. Dla kolejnych próbek zmniejszono wysokość zrzutu do 50% wysokości. Próbki te nie uległy rozerwaniu na części. We wszystkich próbkach wystąpiło trwałe wgłębienie o kształcie odwzorowującym kształt bijaka.



Rys. 6. Próbki 1-5 obciążone bijakiem narożnym

Zbiórny wykres siły w funkcji przemieszczenia dla wybranych próbek obciążonych bijakami o różnych kształtach przedstawiono na rys. 7. Wykres sił określono do momentu maksymalnego ściśnięcia próbek. Pole pod wykresem jest miarą energii zaabsorbowanej przez próbkę.



Rys. 7. Wyniki porównawcze wybranych próbek badanych różnymi bijakami

Wnioski z przeprowadzonych badań materiału spienionego pod obciążeniem symulującym uderzenie tępym przedmiotem:

1. Najwięcej energii zaabsorbowała pianka obciążona bijakiem płaskim. Dla tego przypadku zanotowano również najkrótszą drogę niszczenia. Wystąpiły trwałe odkształcenia próbek na całej powierzchni;
2. Bijaki walcowy i krawędziowy nie spowodowały fragmentacji próbek, ale energia uderzenia odbierana była na znacznej długości, w porównaniu z bijakiem płaskim. Próbki nie uległy fragmentacji. Na powierzchniach górnych powstały wgłębienia odwzorowujące ślad bijaka i pojawiały się pęknięcia;
3. Pianka PVC zdołała pochłonąć tylko nieznaczną część energii uderzenia bijaka narożnego. Aby uniknąć fragmentacji próbki obniżono wysokości zrzutu o 50%. Na powierzchniach górnych powstały wgłębienia i pojawiły się pęknięcia.

W pracy przeanalizowano skutki obciążenia dynamicznego przykładowego materiału spienionego bijakami o różnej geometrii, symulującymi uderzenia tępymi przedmiotami, jak na przykład: płaska deska, kij bejsbolowy, krawędź cegły, kostka brukowa czy kamień.

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

Literatura

- [1] Cook W., *Kamizelka ochronna zaprojektowana na miarę współczesnego funkcjonariusza policji*. Techniczne Wzrosty Włókiennicze, Vol. 3/4, pp. 50-53, 2008.
- [2] Ashby M. F., i inni, *Metal Foams – A Design Guide*, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK 2000.
- [3] Kádár Cs., Kenesei P., Lendvai J., Rajkovits Zs., *Energy absorption properties of metal foams*, Eötvös University, Hungary 2005.
- [4] Bernard C.A., i inni, *Impact behaviour of an innovative plasticized poly(vinyl chloride) for the automotive industry*; EPJ Web of Conferences, DYMAT 2015, Lugano 2015.
- [5] Goods S. H., Neuschwanger C. L., Henderson C., Skala D. M., *Mechanical properties and energy absorption characteristics of a polyurethane foam*, Sandia National Laboratories, California, 1997.
- [6] BSI, *BS 7971-8:2003 – Protective clothing and equipment for use in violent situations and in training. Blunt trauma torso, shoulder, abdomen and genital protectors. Requirements and test methods*, BSI, UK, 2003.
- [7] PKN, *PN-EN 1621-2:2014-03 – Odzież ochronna dla motocyklistów zabezpieczająca przed skutkami uderzeń mechanicznych*, PKN, 2014.