

XVI Konferencja Naukowo-Techniczna

TKI2022

TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

18–21 października 2022

Analiza wpływu dodatku recyklatu gumowego do osnowy na udurowość kompozytów epoksydowo szklanych

Adam Charchalis¹, Norbert Abramczyk¹, Daria Żuk¹

¹Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Morski w Gdyni

email: a.charchalis@wm.umg.edu.pl, n.abramczyk@wm.umg.edu.pl, d.zuk@wm.umg.edu.pl

STRESZCZENIE: W artykule przedstawiono analizę wpływu zastosowania recyklatu gumowego jako warstwy przekładkowej kompozytów epoksydowo szklanych i jego wpływ na właściwości udurowościowe materiału. Obecny trendem jest modyfikacja nowych materiałów poprzez wykorzystanie dodatków pochodzących z recyklingu odpadów szkodliwych. Służy to ochronie środowiska poprzez wykorzystanie odpadów i wpływa na koszty wytworzenia materiału kompozytowego. Badania udurowościowe przeprowadzono na czterech rodzajach próbek. Wytworzone próbki zawierały taką samą ilość procentową recyklatu gumowego, natomiast różniły się sposobem rozłożenia i ilością warstw. W wyniku przeprowadzonych badań porównawczych z zakresu udurowości oraz kinetyki zniszczeń z materiałem bez dodatku recyklatu stwierdzono znaczący wpływ sposobu rozłożenia recyklatu w warstwach na parametry udurowościowe nowo powstałych materiałów. W przypadku kompozytów z trzema i z dwoma warstwami przekładkowymi recyklatu otrzymano wyniki korzystniejsze w porównaniu do próbki zerowej, dla kompozytu z jedną warstwą przekładkową otrzymano niższe wartości badanych parametrów.

SŁOWA KLUCZOWE: kompozyty, udurowość, kinetyka zniszczeń, recyklat gumowy

1. Przedmiot i cel pracy

Prowadzone analizy badawcze wykazują, że kompozyty włókniste, stosowane na konstrukcje inżynierskie w postaci wielowarstwowych laminatów, charakteryzują się dużą wrażliwością na obciążenia udurowe. W pracy przeprowadzono badania mające na celu określenie wpływu modyfikacji kompozytu przekładkowego dodatkiem recyklatu gumowego i jego sposobie rozkładu w warstwach kompozytu na udurowość oraz na charakter zniszczeń. Celem było wyodrębnienie z kilku wariantów materiałów badawczych kompozytu o najlepszych właściwościach mechanicznych w zakresie udurowości oraz kinetyki zniszczeń.

2. Opis badanego materiału i metodologia badań

Materiały kompozytowe wytworzone zostały metodą laminowania ręcznego. Zastosowano matę szklaną 350 gr/m², żywicę epoksydową Epidian[®]6 wraz z utwardzaczem Z-1, a także recyklat gumowy pochodzący z recyklingu opon samochodowych. Zastosowano frakcję recyklatu o wielkości ziarna do 1,2 mm. Z wymienionych składników zostały wytworzone cztery warianty materiałów badawczych: K0 – czysty kompozyt epoksydowo- szklany bez dodatku recyklatu, K1 – kompozyt zawierający 5% recyklatu gumowego w postaci jednej warstwy przekładkowej, oraz warianty K2 i K3 zawierające odpowiednio 5% recyklatu w postaci dwóch i trzech warstw przekładkowych.

Z materiałów wytworzono znormalizowane próbki badawcze, które zostały poddane badaniom udurowości przeprowadzonym na młocie wahadłowym typu

Charpy'ego RKP450 – TestXpert II. Dzięki dodatkowemu oprzyrządowaniu, możliwe było określenie nie tylko udurowości, ale również zmiany siły zginającej oraz rejestracja ugięcia w czasie. Na rysunku 1 przedstawiono próbki K3 oraz widok stanowiska pomiarowego.



Rys. 1. Próbki z kompozytu K3 przygotowane do badań
b) Młot wahadłowy typu Charpy'ego

3. Planowanie i warunki eksperymentu

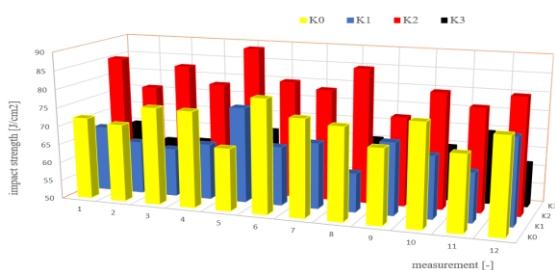
W trakcie wykonywania badań na stanowisku zarejestrowano wartości udurowości dla zestawu próbek dla czterech rodzajów materiału. Ponadto, dzięki posiadanemu oprzyrządowaniu i oprogramowaniu zarejestrowano wyniki w zakresie analizy zmian wartości siły zginającej, a także ugięcia próbek w małych przedziałach czasowych. Na bazie otrzymanych wyników uzyskano wykresy siła-przemieszczenie, które posłużyły do zobrazowania wydatku energii niezbędnego do zniszczenia próbki w obszarze odkształceń sprężystych.

Uzyskane wyniki posłużyły do wykonania dalszej analizy porównawczej posiadanych materiałów w zakresie wyżej wymienionych parametrów i pozwoliły określić wpływ recyklatu gumowego na te parametry. Ponadto

wyniki pozwoliły na wyselekcjonowanie najkorzystniejszych wariantów badanych materiałów kompozytowych.

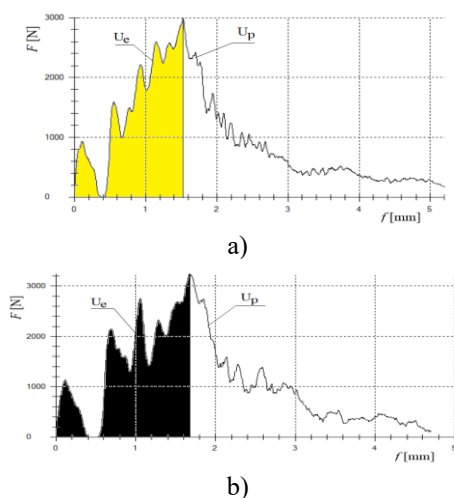
4. Wyniki badań eksperymentalnych i ich analiza

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki z próby udarności dla 4 wariantów próbek wykonanych z kompozytów warstwowych wytworzonych metodą laminowania ręcznego z dociskiem dwustronnym. Przedstawione wyniki badań kompozytów wykazały, że 5% dodatku recyklatu gumowego, a w szczególności sposób jego rozmieszczenia w warstwach ma znaczący wpływ na udarność nowego materiału oraz na przebieg procesu niszczenia próbek kompozytowych w trakcie obciążeń dynamicznych.



Rys. 2. Wyniki pomiarów udarności dla badanych materiałów

Na rysunkach 3a i 3b przedstawiono wykres zależności ugięcia od siły dla dwóch wybranych próbek K0 i K3, poddanych badaniu dynamicznemu na młocie Charpiego. Przedmiotowe wykresy obrazują rejestrację pracy stanu sprężystego (U_e) i rozwoju zniszczenia (U_p). Dla próbki K3 maksymalna siła F_{MAX} o wartości 3240 N spowodowała ugięcie 1,67 mm. Dla próbki K0, bez dodatku recyklatu gumowego maksymalna siła 2983 N spowodowała ugięcie 1,52 mm. Po przekroczeniu maksymalnej siły, zachodzą procesy związane z rozwojem zniszczenia materiału, czego wynikiem są maksymalne ugięcia: dla próbek K3 o wartości 5,2 i dla próbki K0 o wartości 4,75 mm.



Rys. 3. Wykres siła – ugięcie $F(f)$ a) dla próbki K0, b) dla próbki K3

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wartości siły maksymalnej F_{MAX} , ugięcia f , pracy W oraz udarności U dla

wszystkich wariantów przebadanych próbek z czterech rodzajów materiału.

Tabela 1. Wyniki próby udarności badanych próbek

Kompozyt/Parametr	F_{MAX} [N]	f [mm]	W [J]	U [kJ/m ²]
K0	2983	1,52	5,06	74
K1	2774	1,85	4,82	67
K2	2889	1,81	4,88	82
K3	3240	1,67	5,56	64

5. Podsumowanie

Wniosek 1: Dodatek recyklatu gumowego oraz sposób jego rozmieszczenia ma decydujący wpływ na właściwości udarnościowe badanego materiału, które powinny być uwzględnione podczas procesu projektowania i modelowania nowego kompozytu w zależności od zastosowania.

Wniosek 2: Z przebadanych materiałów najkorzystniejsze parametry udarnościowe w zakresie maksymalnej udarności wykazały próbki z materiału K2. W zakresie parametrów kinetyki zniszczeń najkorzystniejsze parametry wykazały próbki wykonane z materiału K3

Wniosek 3: Z uwagi na właściwości kompozytów warstwowych jest możliwe modelowanie i projektowanie materiałów dostosowują je do określonych zastosowań i wymagań producenta.

Wniosek 3: Przeprowadzone badania wykazują, że zastosowanie materiałów pochodzących z recyklingu ma znaczący wpływ na działania proekologiczne i umożliwia stworzenie o korzystnych parametrach użytkowych i ekonomicznych.

Literatura

- [1] Kyzioł L., Panasiuk K., Barcikowski M., Hajdukiewicz G.: The influence of manufacturing technology on the properties of layered composites with polyester-glass recycle additive, Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology, vol. 36 (issue 1), s. 18-30, 2020.
- [2] Kyzioł L., Panasiuk K., Hajdukiewicz G.: The influence of granulation and content of polyester-glass waste on properties of composites, Journal of KONES, 2018.
- [3] Shu Ling Zhang, Zhen Xiang Xin, Zhen Xiu Zhang, Jin Kuk Kim, Characterization of the properties of thermoplastic elastomers containing waste rubber tire powder, Waste Management, Volume 29, Issue 5, 2009, Pages 1480-1485.
- [4] Sienkiewicz M., Kucińska-Lipka J., Janik H., & Balas, Mikrostruktura kompozytów poliuretanowo-gumowych, otrzymanych in situ z elastomerów uretanowych i recyklatów gumowych, 2009.
- [5] Rosik-Dulewska C.: Aktualny stan gospodarki odpadami i perspektywy zmian, Polska Inżynieria Środowiska Pięć Lat Po Wstąpieniu Do Unii Europejskiej, tom 3, Lublin, Polska Akademia Nauk, Komitet Inżynierii Środowiska, 2009, pp. 93-102.
- [6] Scheirs J.: Rubber tyre recycling. In: Polymer Recycling, Wiley Series in Polymer Science, New York, John Wiley and Sons, 1998.
- [7] Svoboda J., Dvorský T., Václavík V., Charvát J., Máčalová K., Heviánková S., Janurová E.: Sound-Absorbing and Thermal-Insulating Properties of Cement Composite Based on Recycled Rubber from Waste Tires. Appl. Sci. 2021, 11, 2725. <https://doi.org/10.3390/app11062725>.
- [8] Amin H., Gamal A., Khatib Z.: Scope of reusing waste shredded tires in concrete and cementitious composite materials: A review, Journal of Building Engineering, Volume 35, 2021.