

Judyta Niemi¹

ANALIZA I WYKORZYSTANIE DŹWIĘKOCHŁONNYCH WŁAŚCIWOŚCI GRANULATU GUMOWEGO POZYSKANEGO Z RECYKLINGU

Wprowadzenie

Składowanie odpadów przemysłowych jest jednym z większych i szybko postępujących problemów obecnych na całym świecie. Dynamiczny rozwój motoryzacji powoduje gromadzenie się coraz większej ilości zużytych opon, których wzrost jest proporcjonalny do wzrostu ilości pojazdów mechanicznych. Do produkcji opon stosowane są mieszanki gumowe, które zawierają polimery złożone z długich łańcuchów, które ulegają biodegradacji w bardzo długim czasie. Jest to znacznym obciążeniem dla środowiska naturalnego [1]. Poszukuje się więc sposobów utylizacji zużytych opon oraz ich recyklingu. W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania granulatu gumowego pozyskanego z recyklingu odpadów i zużytych wyrobów gumowych. Szczególną uwagę poświęcono ich właściwościom dźwiękochłonnym, które pozwalają na aplikację w zabezpieczeniach wibroakustycznych ograniczających hałas przemysłowy i komunikacyjny. Zastosowanie gumy z recyklingu do wytwarzania m.in. ekranów dźwiękochłonnych może pomóc w zwalczaniu istniejących problemów, takich jak utylizacja odpadów oraz zakłócenia hałasem [2].

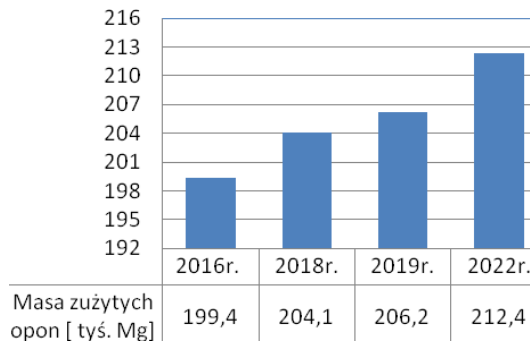
W celu określenia właściwości dźwiękochłonnych oraz oceny możliwości zastosowania przeprowadzono wstępne badania akustyczne próbek kompozytowych bazujących na granulacie gumowym pozyskanym z recyklingu. Analizę zachowania fali akustycznej propagującej w materiałach gumowych przeprowadzono w pracy [3].

¹ Politechnika Częstochowska, Wydział Budownictwa, ul. Akademicka 3, 42-200 Częstochowa, e-mail: jniemi¹@bud.pcz.czest.pl

1. Granulat gumowy

1.1. Możliwość zagospodarowania zużytych opon

Zużyte opony stanowią największą grupę poeksploatacyjnych wyrobów gumowych, których recykling ze względu na budowę i skład jest znacznie trudniejszy niż recykling metali, szkła czy termoplastów. Według „Opracowania ogólnokrajowego systemu utylizacji odpadów gumowych” [4], w Polsce prognozowane zużycie opon samochodowych przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Prognoza ilości wytwarzanych zużytych opon

Problem zużytych opon można rozwiązywać poprzez trzy główne działania. Pierwszym z nich jest przedłużanie ich żywotności poprzez bieżnikowanie, recykling materiałowy oraz odzysk energetyczny. Opony, które nie nadają się już do bieżnikowania, stają się odpadem, który w celu ochrony środowiska należy zagospodarować. Obowiązujące przepisy nakazują, aby 75% wprowadzonych na rynek opon podlegało obowiązkowi odzysku, a 15% recyklingowi [4].

Recykling materiałowy polega na wykorzystaniu odpadów i zużytych wyrobów gumowych bezpośrednio lub np. po sprasowaniu, rozdrobnieniu i regeneracji [5]. Rozdrabnianie zużytych wyrobów gumowych daje możliwość dalszego przetwarzania i wtórnego zagospodarowania w zależności od rozmiaru ziaren. Rozdrobniona guma zmieszana z innymi polimerami tworzącymi spoiwo może być stosowana w produkcji m.in. różnego rodzaju wykładzin wewnętrznych i zewnętrznych. Znane od dawna granulaty gumowe powstają w wyniku rozdrabniania odpadów gumowych: bieżników opon, ochraniaczy, membran itp.

1.2. Granulat gumowy - możliwości zastosowania

Granulat gumowy jest dobrze znanym materiałem i dotychczas wykorzystywanym masowo do wytwarzania nawierzchni placów zabaw, nawierzchni sportowych oraz drogowych. Możliwości ponownego wykorzystania odpadów gumowych w różnych obszarach przemysłu i budownictwa przedstawiono m.in. w pracy [6].

Obecne badania pozwalają na stwierdzenie, że materiał ten może uzyskać podobne właściwości dźwiękochłonne jak wełna mineralna. Daje to możliwość powiększenia obszaru jego zastosowania, a także staje się on konkurencyjnym materiałem dla producentów ekranów akustycznych. Materiały wykonane z granulatu gumowego mają zwykle wysoką porowatość, a w rezultacie posiadają dobre właściwości pochłaniania dźwięku [7]. Pochłanianie energii dźwiękowej odbywa się przez wnikanie jej w utworzone pory i kanaliki powietrzne. Same ziarna granulatu gumowego nie wykazują wymaganych właściwości mechanicznych. Konieczne jest zmieszanie ich z odpowiednim spoiwem i trwałe połączenie, co pozwala uzyskać stałą strukturę [8]. Parametrami głównie wpływającymi na własności tego rodzaju materiału są: rozmiar ziarna, typ spoiwa, jego stężenie, a także współczynnik zagęszczenia (stosunek spadku objętości po zagęszczeniu do objętości początkowej). Wszystkie te cechy wpływają na właściwości akustyczne materiału wykonanego z granulatu gumowego.

Na podstawie m.in. prac [7, 9] można wywnioskować, że granulaty gumowy może być również zastosowany jako rdzeń dźwiękochłonny w projektowanych przegrodach dwuciennych. Zastosowanie takiego rodzaju materiałów gumowych jako wypełnienia przestrzeni powietrznej między przegrodami zmniejsza ich grubość przy braku strat izolacji akustycznej.

W pracy przedstawiono badania właściwości dźwiękochłonnych kompozytu wykonanego z granulatu gumowego wraz ze spoiwem z tworzywa sztucznego: politereftalanu etylenu, będącymi głównymi składnikami. Badania są rozszerzeniem badań przeprowadzonych w pracy [10].

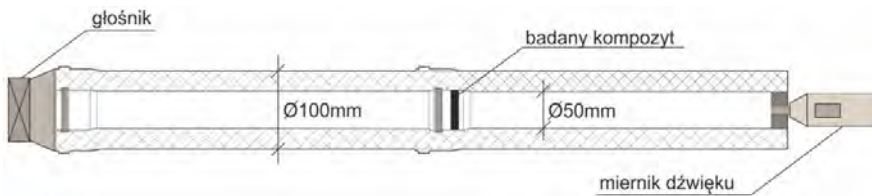
2. Wstępne badania akustyczne próbek kompozytowych z granulatem gumowym pozyskanym z recyklingu

Analizę właściwości dźwiękochłonnych przeprowadzono na 40 próbkach złożonych z granulatu gumowego pozyskanego z recyklingu opon gumowych, spoiwa oraz dodatków sieciujących. Granulat gumowy został połączony z politereftalanem etylenu o potocznej nazwie PET oraz żywicą poliestrową. Wykonano cztery rodzaje próbek różniących się frakcją ziarna oraz powierzchnią wierzchnią. Do wykonania kompozytów użyto granulatu o dwóch frakcjach ziarna: 0÷2,5 mm oraz 2÷4 mm. Wykonano optymalizację ilości składników w celu uzyskania próbki walcowej o średnicy 50 mm i wysokości 10 mm. Próbkę zostały wykonane w samodzielnie zaprojektowanym zespole formującym metodą prasowania (rys. 2). Udział procentowy granulatu gumowego we wszystkich kompozytach wynosił 60%.

Badania właściwości izolacji akustycznej przeprowadzono na samodzielnie wykonanym stanowisku badawczym. Polegały one na określeniu wartości tłumienia propagującej fali dźwiękowej w badanych próbkach kompozytowych. Stanowisko złożone zostało z korpusu, umieszczonego w nim decybelomierza oraz głośnika, który emitował falę dźwiękową. Fala nadawana była w zakresie częstotliwości 50 Hz÷5000 kHz (rys. 3).



Rys. 2. Zespół formujący próbki kompozytowe



Rys. 3. Stanowisko badawcze - badania właściwości dźwiękochłonnych



Korpus składa się z dwóch połączonych ze sobą zestawów rur o różnej średnicy oddzielanych matą izolacyjną. Próbkę umieszczono w miejscu łączenia rur o mniejszej średnicy, tak aby była nieruchoma i prostopadle umieszczona do osi korpusu. Z lewej strony zamontowano miernik dźwięku w postaci decybelomierza, natomiast z prawej strony generator akustyczny emitujący falę dźwiękową. Fala akustyczna przepuszczana jest przez przygotowane próbki kompozytowe, które w części ją pochłaniają, a pozostała część emitowana jest do miernika dźwięku, gdzie odczytuje się wartość w dB.

2.1. Wyniki w zależności od przyjętego rodzaju próbek



Pierwszy rodzaj kompozytów (1a) stanowi dziesięć próbek o karbowanej powierzchni, przyjmującej kształt mat dźwiękochłonnych stosowanych w ekranach akustycznych. Uziarnienie w tej grupie kompozytów wynosi $0\div 2,5$ mm. Uzyskano następujące wartości izolacji akustycznej (rys. 4).

Drugi rodzaj kompozytów (1b) stanowi również dziesięć próbek o karbowanej powierzchni, gdzie rozmiar uziarnienia granulatu gumowego wynosi $2\div 4$ mm. Uzyskano następujące wartości izolacji akustycznej (rys. 5).

Trzeci (2a) i czwarty (2b) rodzaj kompozytów stanowi po dziesięć próbek o płaskiej powierzchni o rozmiarze uziarnienia granulatu gumowego kolejno $0\div 2,5$ mm (2a) oraz $2\div 4$ mm (2b). Uzyskane wyniki prezentują rysunki 6 i 7.



Próbki o powierzchni karbowanej - granulak 0-2,5mm (1a)	Częstotliwość [Hz]	Komora nadawcza [dB]	Komora odbiorcza [dB]	Uśredniona wartość izolacji akustycznej [dB]
 uziarnienie 0-2,5mm	50	83,4	65,8	17,6
	80	104,8	87,6	17,2
	100	111,3	98,3	13
	125	110,1	100,2	9,9
	150	110,5	100,5	10
 powierzchnia karbowana	250	110,5	96,2	14,3
	500	106,5	95,1	11,4
	750	123,2	106,1	17,1
	1000	111,3	91,7	19,6
	1500	106,5	88,7	17,8
	2500	100,8	75,5	25,3
	3500	104,6	72,1	32,5
5000	107,2	78,3	28,9	

Rys. 4. Wyniki izolacyjności akustycznej dla kompozytów 1a



Próbki o powierzchni karbowanej - granulak 2-4mm (1b)	Częstotliwość [Hz]	Komora nadawcza [dB]	Komora odbiorcza [dB]	Uśredniona wartość izolacji akustycznej [dB]
 uziarnienie 2-4mm	50	83,4	71,3	12,1
	80	104,8	89,3	15,5
	100	111,3	100,8	10,5
	125	110,1	103,05	7,05
	150	110,5	103,4	7,1
 powierzchnia karbowana	250	110,5	99,6	10,9
	500	106,5	94,8	11,7
	750	123,2	108,9	14,3
	1000	111,3	93,7	17,6
	1500	106,5	91,2	15,3
	2500	100,8	77,3	23,5
	3500	104,6	69,8	34,8
5000	107,2	78,8	28,4	

Rys. 5. Wyniki izolacyjności akustycznej dla kompozytów 1b

W przypadku kompozytów o powierzchni karbowanej wartość natężenia dźwięku obniża się średnio w granicach 10÷30%, natomiast w przypadku płaskich próbek 30÷50%. Wykresy poziomów natężenia dźwięku dla wszystkich badanych grup kompozytów pokazano na rysunku 8.

Próbki o powierzchni płaskiej - granulata 0-2,5mm (2a)	Częstotliwość [Hz]	Komora nadawcza [dB]	Komora odbiorcza [dB]	Uśredniona wartość izolacji akustycznej [dB]
 uziarnienie 0-2,5mm	50	83,4	54,8	28,6
	80	104,8	65,3	39,5
	100	111,3	74,5	36,8
	125	110,1	76	34,1
	150	110,5	76,3	34,2
 powierzchnia karbowana	250	110,5	72,4	38,1
	500	106,5	67,3	39,2
	750	123,2	80,1	43,1
	1000	111,3	58,7	52,6
	1500	106,5	71,05	35,45
	2500	100,8	53,6	47,2
	3500	104,6	44,5	60,1
	5000	107,2	60,1	47,1

Rys. 6. Wyniki izolacyjności akustycznej dla kompozytów 2a

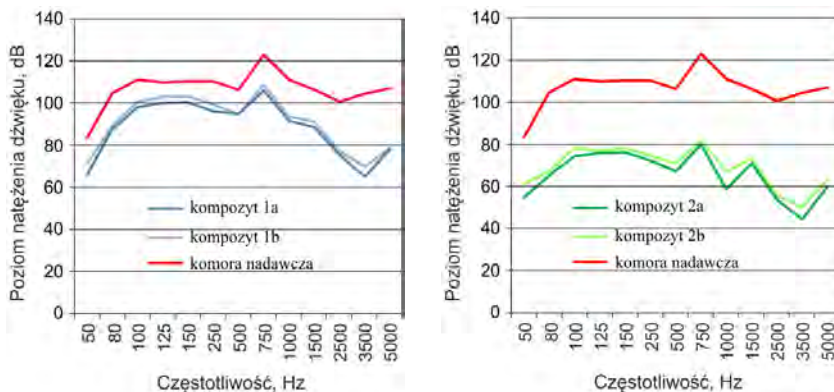
Próbki o powierzchni płaskiej - granulata 2-4mm (2b)	Częstotliwość [Hz]	Komora nadawcza [dB]	Komora odbiorcza [dB]	Uśredniona wartość izolacji akustycznej [dB]
 uziarnienie 2-4mm	50	83,4	61,2	22,2
	80	104,8	67,3	37,5
	100	111,3	78,3	33
	125	110,1	77,2	32,9
	150	110,5	78,3	32,2
 powierzchnia karbowana	250	110,5	74,6	35,9
	500	106,5	71,2	35,3
	750	123,2	82	41,2
	1000	111,3	67,2	44,1
	1500	106,5	73,3	33,2
	2500	100,8	55,5	45,3
	3500	104,6	50,2	54,4
	5000	107,2	63,05	44,15

Rys. 7. Wyniki izolacyjności akustycznej dla kompozytów 2b

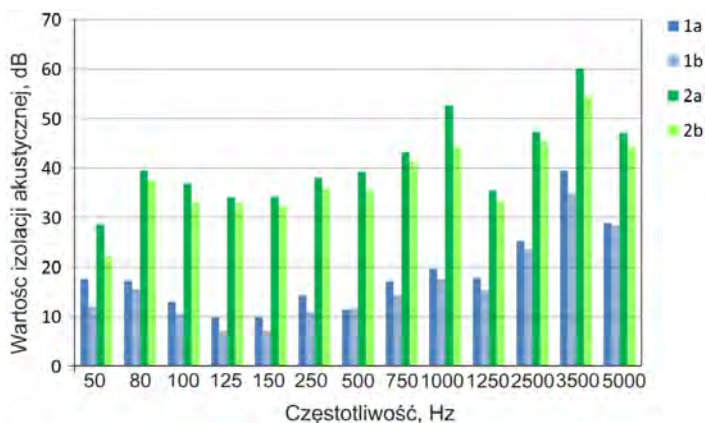
Na rysunku 9 przedstawiono zestawienie wartości izolacji akustycznej dla wszystkich przebadanych próbek.

Dla próbek karbowanych i próbek płaskich uzyskano duże różnice wartości izolacji akustycznej. Wyższe wartości uzyskano dla próbek o płaskiej powierzchni.

Dzieje się tak dlatego, że w próbkach o powierzchni karbowanej w miejscach wklęsłych grubość próbek jest mniejsza niż grubość próbek płaskich.



Rys. 8. Poziom natężenia dźwięku dla badanych kompozytów



Rys. 9. Wartość izolacji akustycznej dla badanych kompozytów

Podsumowanie

Składowanie odpadów przemysłowych jest dużym problemem na całym świecie. Recykling odpadów gumowych oraz poszukiwanie możliwości wykorzystania pozyskanych elementów jest bardzo ważnym tematem szczególnie w aspekcie ochrony środowiska. Przeprowadzone badania pokazują, że analizowane kompozyty, zawierające 60% granulatu gumowego, zarówno dla próbek o powierzchni płaskiej, jak i karbowanej, wykazują dobre właściwości dźwiękochłonne. Wartość izolacji akustycznej zależy od grubości próbek kompozytowych. Dalsza optymalizacja kształtu, grubości oraz składu procentowego granulatu gumowego w kompozycie jest celem kolejnych badań. Badania te służyć będą uzyskiwaniu coraz lepszych efektów pochłaniania dźwięku.

Literatura

- [1] Borelli D., Schenone C., Pittaluga I., Experimental study on sound absorbing performance of rubber crumb, *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 2-7 June 2013, Volume 19.
- [2] Swift M.J., Brisř P., Horoshenkov K.V., Acoustic absorption in re-cycled rubber granulate, *Applied Acoustics* 2004, 65, 673-691.
- [3] Major M., Major I., Różycka J., Zastosowanie warstwowego kompozytu gumowego w celu redukcji oddziaływań dynamicznych na konstrukcje stalowe, *Budownictwo i Architektura* 2014, 13(2), 275-282.
- [4] Krajowy plan gospodarki odpadami 2014 (Monitor Polski z 2010 r., Nr 101, poz. 1183).
- [5] Sikora J., Turkiewicz J., Właściwości dźwiękochłonne i zastosowanie granulatów gumowych, *Izolacje* 2012, 1, 54-58.
- [6] Major M., Major I., Wykorzystanie odpadów gumowych w budownictwie zrównoważonym, *Budownictwo o Z optymalizowanym Potencjale Energetycznym* 2014, 2(14), 38-45.
- [7] Sikora J., Turkiewicz J., Przegrody dwuścienne z rdzeniami dźwiękochłonnymi z materiałów ziarnistych, *Izolacje* 2007, 10, 28-33.
- [8] Asdrubali F., D'alessandro F., Schiavoni S., Sound absorbing properties of materials made of rubber crumbs, *Journal of the Acoustical Society of America* 2008, 123(5), 3037.
- [9] Sikora J., Turkiewicz J., Charakterystyki pochłaniania dźwięku materiałów ziarnistych, *Izolacje* 2010, 9, 26-30.
- [10] Major M., Major I., Różycka J., Propagation of the surface of discontinuity in the hyperelastic materials, *Advanced Materials Research* 2014, 188-192.

Streszczenie

Składowanie odpadów przemysłowych jest coraz większym problemem globalnym. Mamy do czynienia z powstawaniem w szczególnie dużej skali zużytych opon samochodowych. Długi proces naturalnego rozkładu gumi znacznie obciąża środowisko naturalne. Szuka się więc możliwości zwiększenia zastosowania materiałów gumowych pozyskanych z recyklingu. W pracy przedstawiono możliwości zastosowania granulatu gumowego, wykorzystując jego właściwości dźwiękochłonne. Przeprowadzono badania izolacyjności akustycznej próbek kompozytowych, których głównymi składnikami były: granulaty gumowy oraz spoiwo z tworzywa sztucznego: politereftalan etylenu.

Słowa kluczowe: granulaty gumowy, właściwości dźwiękochłonne, badania akustyczne

Analysis and use of acoustic properties of rubber granules obtained from recycling

Abstract

Storage of industrial waste is a growing global problem. We are dealing with the formation of used car tires in large scale. The long process of natural rubber destruction puts a burden on the environment. The possibility of increase the use of rubber materials obtained from recycled is sought. In the paper is presented the possibility of using rubber granules, using the sound-absorbing properties. Research acoustic insulation of composite samples were submitted. The main components of the composites were rubber granules and a binder of the plastic: polyethylene terephthalate.

Keywords: rubber granules, sound-absorbing properties, acoustic studies