

Zenon TARTAKOWSKI, Maksymilian BURZYŃSKI, Katarzyna CIMANDER

POLIMEROWE KOMPOZYTY Z UTYLIZOWANYCH ELEMENTÓW SAMOCHODOWYCH

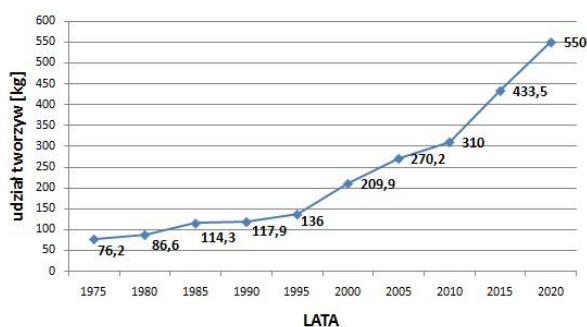
DOI: 10.24136/atest.2018.287

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

W konstrukcjach nowoczesnych pojazdów samochodowych coraz częściej stosowane są kompozyty polimerowe. W większości są to materiały na podstawie tworzyw termoplastycznych wzmocniane przy użyciu napelniaczy pochodzenia naturalnego lub sztucznego. Poważnym problemem dla środowiska jest wzrastająca ilość wyeksploatowanych pojazdów, które zgodnie z dyrektywami UE powinny być poddane procesowi utylizacji. Stąd też coraz więcej elementów polimerowych z tych pojazdów samochodowych poddawane jest procesowi recyklingu materiałowego. Uzyskane „nowe surowce” po procesie ich modyfikacji mogą stanowić interesujący materiał na inne wyroby przemysłu motoryzacyjnego. Przeprowadzono badania nad recyklingiem utylizowanych elementów samochodowych wytworzonych z polipropylenu lub kompozytów polipropylenowych, które modyfikowano mączką szklaną. Badania przeprowadzono dla kompozytów zawierających 25% i 50% napelniacza szklanego. Otrzymane kompozyty wykazały się korzystnymi właściwościami przetwórczymi i mechanicznymi. Materiały te mogą mieć zastosowanie na wyroby techniczne.

WSTĘP

Przemysł motoryzacyjny notuje ciągły wzrost stosowania tworzyw sztucznych. Z roku na rok w każdym pojeździe jest ich coraz więcej (rys.1).



Rys. 1. Udział tworzyw sztucznych w masie pojazdu (kg).

Aktualnie tworzywa sztuczne stanowią ważny, dostrzegalny udział procentowy w masie pojazdu, który obecnie wynosi około 26% masy całkowitej. Szacuje się, że do 2030 roku udział tworzyw sztucznych przewyższy udział części metalowych osiągając poziom nawet 50% [1,2]. Branża motoryzacyjna wraz z rozwojem nowoczesnych technologii zaczęła stosować coraz większą ilość materiałów na bazie tworzyw polimerowych, głównie w celu zmniejszenia masy pojazdu, a co za tym idzie – obniżenia zużycia paliwa.

Materiały polimerowe są coraz bardziej przyjazne dla środowiska. Proces ich utylizacji jest łatwiejszy i mniej niekorzystnie wpływa na środowisko. Jest to istotne ze względu na duży ich udział w różnych dziedzinach (Tab.1).

Tab. 1. Przykłady zastosowań tworzyw sztucznych

Tworzywo	Zastosowanie
Polietylen [PE]	produkcja folii, artykuły gospodarstwa domowego, opakowania, przemysł spożywczy
Polipropylen [PP]	Wykładziny chemoodporne, przemysł chemiczny, opakowania, przemysł motoryzacyjny, przemysł spożywczy, włókna, tkaniny, medycyna
Polistyren [PS]	Części lodówek, pianki izolacyjne, opakowania żywności, pojemniki, zabawki, przemysł motoryzacyjny
Poli(metakrylan metylu) (PMMA)	Ostony lamp sygnalizacyjnych, soczewki kontaktowe, świetliki dachowe, aparatury kontrolno-pomiarowe, sprzęt sanitarny
silikony	Oleje, przemysł budowlany, przemysł motoryzacyjny
Poli(teraftalan etylenu) PET	Butelki, opakowania, przemysł spożywczy, obudowy urządzeń elektronicznych, folie
Poli(tetrafluoroetylen) (PTFE)	Aparatura chemiczna, elektrotechnika, środowisko spożywcze
Poliamid (PA)	Nowoczesny sprzęt sportowy, wirniki pomp, koła zębate, rury, lampy górnicze, hełmy ochronne, rajstopy, kamizelki kuloodporne, akcesoria meblowe, elementy krzesel i okien
Poli(chlorek winylu) (PVC)	Profile okienne, izolacje rur i kabli, elementy armatury chemicznej, rury kanalizacyjne, płytki podłogowe, wykładziny chemoodporne, wanny galvanizerskie
kauczuk syntetyczny	Opony, uszczelki, amortyzatory, branża motoryzacyjna
Poliwęglan (PC)	Płyty kompaktowe, ostony kuloodporne, części precyzyjne w przemyśle optycznym i elektrotechnicznym
Poliuretan (PU)	Pianki izolacyjne, obuwie, przemysł motoryzacyjny, meble i wyjściółka
Poli(tlenek etylenu) (POM)	Obudowy łożysk, elementy przekładni, koła zębate, części maszyn, śruby, nakrętki, haki, elementy armatury wodnej i podzespołów

Jednym z ważniejszych ogólnościatowych problemów w zakresie ochrony środowiska jest utylizacja pojazdów samochodowych. Przepisy prawne regulują konieczność recyklingu i odzysku materiałów z utylizowanych pojazdów [3].

Dotychczas wyroby „samochodowe” z tworzyw sztucznych w większości były usuwane na składowiska lub podlegały niekontrolowanemu procesowi spalania. Jako odpady stanowiły poważne zagrożenie dla środowiska. Szczególnie dotyczyło to wyrobów wytworzonych z kompozytów wielomateriałowych [4]. Przy wzrastającym udziale wyrobów kompozytowych w pojazdach samochodowych koniecznym staje się podjęcie działań zmierzających do racjonalnej utylizacji tego typu wyrobów. Coraz częściej wyeksploatowane, lub uszkodzone elementy pojazdów wytwarzane poprzednio z materiałów jednorodnych zastępowane są innymi tańszymi materiałami, będącymi kompozytami wielomateriałowymi. Powszechnie stosowane w pojazdach elementy takie jak zderzaki, nadkola, elementy ochrony podwozia wytwarzane są z PP, PP/EPDM, PP/GF, PP/PE, lub też z mieszanin recyklatowych tworzyw poliolefinowych. Stąd też w trakcie utylizacji tych wyrobów przy utrudnionej ich identyfikacji, otrzymany materiał recyklatowy jest mieszaniną o niezidentyfikowanych właściwościach. Celem racjonalnego wykorzystania takiego recyklatu przeprowadzono badania

nad jego modyfikacją przy użyciu mączki szklanej. Wpływ modyfikatora szklanego na właściwości nowego kompozytu są przedstawione w poniższej pracy. Przeprowadzono badania nad nowymi kompozytami na osnowie poliolefin zawierającymi jako modyfikator 25 i 50% mączki szklanej.

1. MATERIAŁ BADAWCZY I BADANIA

Do badań użyto recyklatu uzyskanego z procesu rozdrabniania uszkodzonych elementów samochodowych (Rys.2). Recyklat ten składał się z wyrobów wykonanych z różnych materiałów poliolefinowych. Stanowił mieszaninę PP, PP/EPDM, PP/PE.



Rys. 2. Uszkodzone elementy samochodowe z tworzyw sztucznych (PP, PP/EPDM, PP/PE)

Materiał został rozdrobniony przy użyciu młyna nożowego z rotorem pionowym (f-my Trymet). Po rozdrobnieniu posiadał nieregularny kształt o wielkości cząstek do 8mm (rys.3).



Rys. 3. Recyklat Prec/s z procesu rozdrabniania

Ze względu na trudność jednoznacznej identyfikacji materiału, przyjęty do dalszych badań materiał, oznaczono symbolem Prec/s. Materiał ten zdefiniowano określając jego gęstość - 0,889 g/cm³ i masowy wskaźnik szybkości płynięcia MVR - 5,1 cm³/10min (200°C , 2,16kg). Do modyfikacji materiału Prec/s użyto mączki szklanej w postaci nieregularnych ziaren o wielkości od 2 do 40 μm. Właściwości mączki przedstawiono w tabeli 2 (rys 4).



Rys. 4. Napelniczy – mączka szklana

Na osnowie materiału Prec/s oraz mączki szklanej wytworzono kompozyty zawierające 25 i 50% napelnicza. Proces homogenizacji materiału przeprowadzono przy użyciu mieszalnika Brabender,

temperatura procesu 200°C. Uzyskany materiał poddano procesowi rozdrabniania a uzyskany regranulat posłużył do wykonywania próbek badawczych. Próbki do badań wytworzono metodą wtryskową przy pomocy wtryskarki BOY15. Parametry procesu wtryskowego to:

- ciśnienie wtrysku 75MPa,
- temperatura wtrysku 190°C, 200°C, 200°C
- czas cyklu 15s.

Próbki do badań właściwości mechanicznych wytworzono przy użyciu formy wielogniazdowej. Kształt próbek przedstawia rysunek 5.



Rys. 5. Próbki do badań wytrzymałościowych.

Tab. 2. Mączka szklana - właściwości

Lp.	Właściwości	opis właściwy
1	postać	Nieregularne ziarna (proszek)
2	temperatura topnienia	~900°C
3	temperatura mięknięcia	~700°C
4	gęstość nasypowa	700kg/m ³
5	gęstość właściwa	2100kg/m ³
6	rozmiar ziaren	od 2 do 40μm
7	powierzchnia właściwa	0,6m ² /g
8	rozpuszczalność	nierozpuszczalne w wodzie

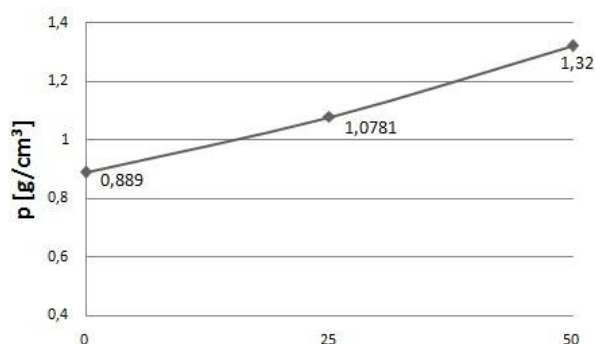
Przeprowadzone badania pozwoliły określić gęstość materiałów, temperaturę mięknięcia wg Vicata, właściwości mechaniczne takie jak: wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu, twardość oraz udarność. Określono również wybrane właściwości przetwórcze takie jak indeks szybkości płynięcia MVR i skurcz powtryskowy.

Badanie wytrzymałościowe przeprowadzono przy użyciu maszyny typu Shimadzu. Prędkości rozciągania w początkowym zakresie wynosiła 1mm/min do wydłużenia 0,5% następnie wzrosła do 50mm/min aż do zerwania. Stosowano głowicę 1KN, szczęki pneumatyczne oraz ekstensometr optyczny. Twardość materiałów określano przy pomocy twardościomierza Shore'a, skala D , udarność określono stosując młot Charpy'ego zaś temperaturę mięknięcia określono wg. Vicata (5 kg, 50°C/1h)

2. WYNIKI BADAŃ

Poniżej w formie graficznej zostały przedstawione wyniki badań. Gęstość badanych materiałów w zależności od ich składu przedstawia rys. 6.

Wraz ze wzrostem ilości napelnicza wzrasta ciężar właściwy kompozytów. Materiał nie modyfikowany napelniczem posiadał gęstość 0,889 g/cm³ . Po dodaniu 25% mączki szklanej gęstość wzrosła do 1.0781 g/cm³ zaś przy 50% napelnicza szklanego . ciężar właściwy kompozytu wynosił 1,32 g/cm³ .



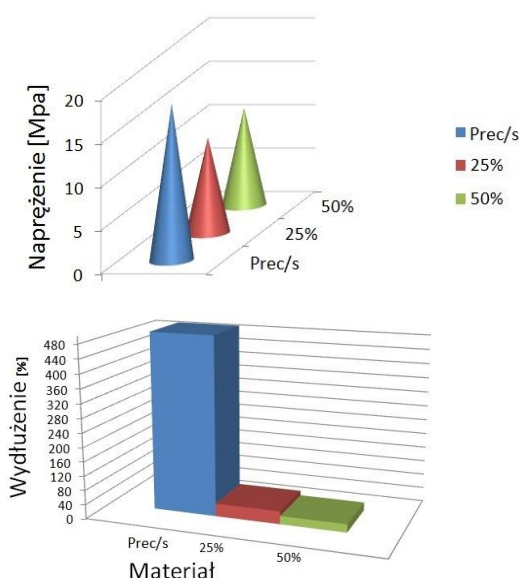
Rys. 6. Gęstość kompozytów Prec/s modyfikowanych mączką szklaną.

Modyfikacja recyklatu mączką szklaną spowodowała podwyższenie temperatury mięknięcia wg. Vicata badanych materiałów. Dla kompozytów zawierających 25% napelniacza temperatura mięknięcia wzrosła o 17% a dla kompozytów zawierających 50% napelniacza szklanego o 21% w porównaniu z materiałem niemodyfikowanym (rys.7).



Rys. 7. Temperatura mięknięcia wg. Vicata kompozytów Prec/s modyfikowanych mączką szklaną

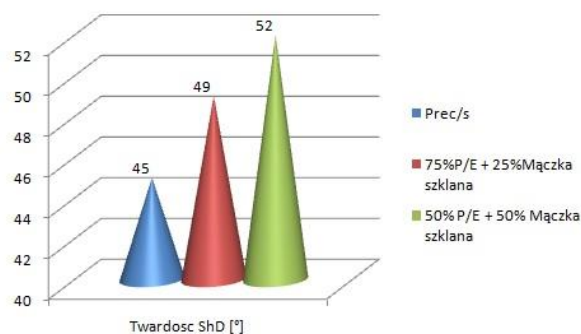
Przebieg zmian naprężeniowo-odkształceniowe materiału recyklatowego oraz kompozytów z napelniaczem szklanym przedstawia rys.8.



Rys. 8. Charakterystyki naprężeniowo-odkształceniowe kompozytów

Recyklat niemodyfikowany Prec/s charakteryzuje się wysokim wydłużeniem co związane jest z znajdującymi się w nim dodatkami PE, EPDM. Jego modyfikacja napelniaczem wpłynęła na zmniejszenie wydłużenia oraz wytrzymałości na rozciągania. Jednocześnie zauważono, że modyfikacja kompozytu 50% napelniacza szklanego nie spowodowała znacznych zmian właściwości materiału w porównaniu z materiałem modyfikowanym zawierającym 25% napelniacza. Jest to korzystne ze względów ekonomicznych gdyż pozwala na obniżenie kosztu materiału

Twardość materiałów określona wg. metody Shore'a została przedstawiona na rys.9.

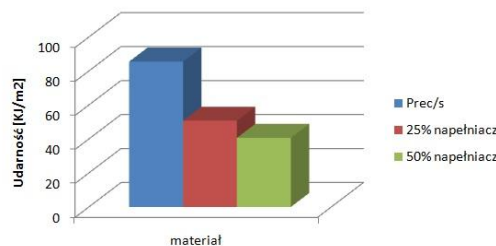


Rys. 9. Porównanie twardości modyfikowanych materiałów (Shore'a typ D)

Kompozyty modyfikowane wykazały się wyższą twardością w porównaniu do recyklatu podstawowego. Największą twardość posiada kompozyt zawierający 50% napelniacza (wzrost ok. 15% w porównaniu z materiałem niemodyfikowanym).

Badania udarnościowe przeprowadzone na próbkach w postaci beleczek bez karbu oraz z karbem (młot Charpy'ego) wykazały istotny wpływ składu materiałowego na uzyskane wyniki. Porównanie wyników badań próbek bez karbu przedstawia rys.10.

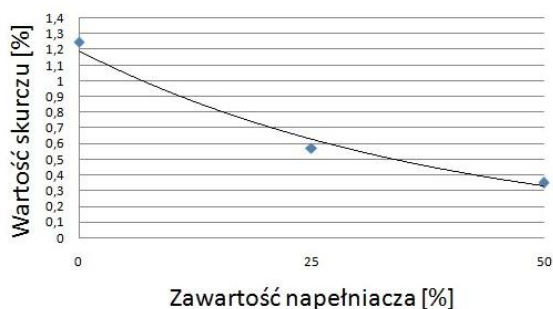
Udarność - próbki bez karbu



Rys. 10. Udarność próbki bez karbu recyklatu Prec/s, Prec/s +25% napelniacz, Prec/s + 50% napelniacz

Jak widać (rys.10) wraz ze wzrostem napelniacza szklanego w kompozytach stają się coraz bardziej podatne na pękanie. Dodatek 50% mączki szklanej obniżył udarność o połowę w porównaniu z materiałem niemodyfikowanym

Dla określenia właściwości przetwórczych nowych kompozytów przeprowadzono badania ich wskaźnika szybkości płynięcia oraz określono skurcz powtryskowy wyrobów na przykładzie wypraski w postaci „wioselka” (próbka do badań wytrzymałościowych). Skurcz przetwórczy jest jednym z istotnych zagadnień związanych z przyszłą aplikacją materiału. Wpływ zawartości napelniacza szklanego na wielkość skurczu wypraski przedstawia rys.11.



Rys. 11. Wpływ zawartości napelniacza szklanego na wielkość skurczu powtryskowego modyfikowanych kompozytów Prec/s

Wraz ze wzrostem zawartości napelniacza ulega zmniejszeniu skurcz powtryskowy. Najmniejszy skurcz wystąpił dla materiałów zawierających 50% napelniacza szklanego. Jest to korzystne ze względu na aplikację materiału na skomplikowane wyroby techniczne.

3. WNISOKI

Przeprowadzone badania wykazały, że mączka szklana jako modyfikator recyklatu z utylizowanych odpadów poliolefinowych z pojazdów samochodowych pozwala na uzyskanie nowych materiałów wykazujących się korzystnymi i stabilnymi właściwościami. Wraz z wzrostem udziałem napelniacza szklanego w kompozycie następuje poprawa jego właściwości takich jak twardość, temperatura mięknienia oraz maleje skurcz powtryskowy. W efekcie modyfikacji wielomateriałowego recyklatu uzyskano materiał, który można zdefiniować podstawowymi cechami koniecznym dla jego przetwarzania. Przy wzrastającej ilości utylizowanych elementów wytworzonych z tworzyw polimerowych o zbliżonych właściwościach przyjęte rozwiązanie modyfikacji recyklatów stwarza możliwość racjonalnego wykorzystania materiałów oraz wpisuje się w ogólnoswiatowy trend gospodarki cyrkularnej.

BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.ppoz.pl/rozpoznawanie-zagrozen/954-tworzywa-polimerowe-w-pojazdach>
2. <http://www.ingenieur360.de/allgemeines/kunststoffanteil-im-auto-steigt-kontinuierlich>, dostęp 16.07.2015 r.
3. Dyrektywa 2000/53/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 września 2000r w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji.
4. Tartakowski Zenon, Burzyński Maksymilian, Mydlowska Katarzyna. "Recykling odpadów kompozytów polipropylenowych pojazdów samochodowych." Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe nr 18 (2017r).
5. Sikora R.: Tworzywa wielkocząsteczkowe. Rodzaje właściwości i struktura. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej. Lublin 1991.
6. Aruniit A., Kers J., Tall K., Majak J., Krumme A.: Influence of hollow glass microspheres on the mechanical and physical properties and cost of particle reinforced polymer composites. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences 2012, 61, 3, 160-165.
7. Balkan O., Demirer H.: Mechanical properties of glass bead and wollastonite-filled isotactic-polypropylene composites modified with thermoplastic elastomers. Polymer Composites 2010, 31, 7, 1285-1308.

8. Kaczmar J. W., Bielański A.: Kompozyty na osnowie polipropylenu wzmacniane mikrokulkami szklanymi. Teka Kom. Bud. Ekspl. Masz. Elektrotech. Bud. – OL PAN 2008, 63-68
9. Tartakowski Z., *Wybrane aspekty przetwórcze i eksploatacyjne wieloskładnikowych recyklatowych kompozytów poliamidowo-polietylenowych*. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, Szczecin, 2009
10. Lee J., Yee A. F.: Inorganic particle toughening I; micromechanical deformations in the fracture of glass bead filled epoxies. Polymer 2001, 42, 577-588.
11. <http://autokult.pl/4985,materiały-konstrukcyjne-w-nowoczesnych-pojazdach-samochodowych-cz-1>
12. Sikora J., Kliszowska A., Politechnika Lubelska, "Właściwości mechaniczne kompozytu polipropylenowego z proszkiem szklanym". Przetwórstwo tworzyw 2 (marzec – kwiecień) 2016
13. Tartakowski Z., Trybuła D., Mydlowska K.: „Recykling wielowarstwowych materiałów polimerowych stosowanych w pojazdach samochodowych”, Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe nr 8 (2016r).

Polymer composites from disposed car elements

In the construction of modern motor vehicles, polymer composites are increasingly used. Most of them are materials based on thermoplastics reinforced with fillers of natural or artificial origin. A serious problem for the environment is the increasing number of used vehicles, which according to EU directives should be subjected to the process of utilization. Therefore, more and more polymer elements from these vehicles are subjected to a material recycling process. Obtained "new raw materials" after the process of their modification may be an interesting material for other products of the automotive industry. Research has been carried out on the recycling of recycled automotive components made of polypropylene or polypropylene composites, which have been modified with glass flour. The tests were carried out for composites containing 25% and 50% glass filler. The composites obtained have shown favorable processing and mechanical properties. These materials may apply to technical products

Autorzy:

dr hab. inż. prof. ZUT **Zenon Tartakowski** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

mgr inż. **Maksymilian Burzyński** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

mgr inż. **Katarzyna Cimander** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin