

Recykling odpadów kompozytów polipropylenowych pojazdów samochodowych

Zenon Tartakowski, Maksymilian Burzyński, Katarzyna Mydlowska

Streszczenie

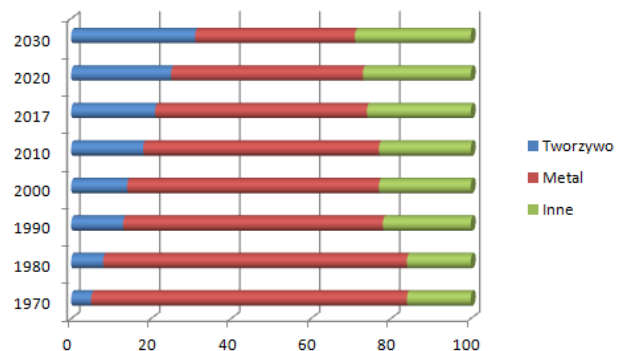
Tworzywa polimerowe są jednym z ważniejszych materiałów konstrukcyjnych stosowanych w pojazdach samochodowych. Ich udział już przekracza 20% łącznej masy pojazdu. Istniejące ustawy EU w zakresie recyklingu pojazdów samochodowych nakładają na recyklerów obowiązek odzysku stosowanych w pojazdach materiałów polimerowych. Przeprowadzono badania nad możliwością recyklingu materiałowego elementów samochodowych wytworzonych z kompozytów polipropylenowych. Wykonano badania wybranych właściwości przetwórczych oraz fizycznych materiałów recyklatowych. Określono wpływ składu materiałowego badanych materiałów na ich właściwości. Stwierdzono, że kompozyty recyklatowe mogą być zastosowane na wyroby techniczne.

Słowa kluczowe: kompozyty polipropylenowe, recykling, PP+EPDM, PVB

Wstęp

Na przestrzeni ostatnich lat w przemyśle motoryzacyjnym dynamicznie wzrosło zastosowanie tworzyw sztucznych na szereg wyrobów. Obecnie stanowią ponad 20% masy pojazdu. Udział ten ciągle rośnie (rys.1). Materiały polimerowe z powodzeniem zastępują dotychczas stosowane inne materiały konstrukcyjne [1,2]. Są to materiały bardziej ekologiczne, przyjazne dla środowiska, przez co proces ich utylizacji jest łatwiejszy. Jednym z ważniejszych światowych problemów dotyczących motoryzacji jest utylizacja wyeksploatowanych pojazdów. Istnieją w tym zakresie przepisy prawne dotyczące ich recyklingu przy jednoczesnym jak największym ponownym wykorzystaniu odzyskanych elementów. Dotychczas problem utylizacji pojazdów w większości dotyczył odzysku metali, natomiast pozostałe materiały w tym tworzywa sztuczne podlegały procesowi składowaniu na wysypiskach lub niekontrolowanemu spalaniu. Obecnie coraz więcej uwagi zwraca się na recykling tzw. "niemetali", które stanowią poważny problem ze względu na ich wielomateriałowy skład oraz właściwą identyfikację. W pojazdach samochodowych znacząca ilość elementów wytwarzana jest z polipropylenu lub kompozytów polipropylenowych. Uwzględniając konieczność zastąpienia zniszczonych lub wyeksploatowanych elementów nowymi w pojazdach można dostrzec tzw. zamienniki, które nie zawsze są wytwarzane z materiałów identycznych jak elementy fabryczne producenta. Stąd też w trakcie procesu demontażu pojazdów oraz segregacji elementów do dalszego procesu

recyklingu można zauważyć, że te same elementy są wytworzone z różnych materiałów. Podstawowym celem pracy było określenie właściwości materiału otrzymanego z recyklingu materiałowego elementu osłonowego i nadkoli o różnym składzie materiałowym. Badania tych materiałów pozwolą na określenie kierunków aplikacyjnych nowych kompozytów polipropylenowych.



Rys. 1. Procentowy udział materiałów stosowany przy budowie samochodu osobowego [1]

1. Materiał badawczy i badania

Materiał do badań w postaci tj. nadkoli samochodowych oraz osłony zderzaka (rys.2-4) został poddany recyklingowi materiałowemu.



Rys. 2. Osłona zderzaka (materiał PP+EPDM+M10)



ys. 3. Nadkole 1 (materiał PP+EPDM)



Rys. 4. Nadkole 2 (materiał PP+PE)

Z oznaczeń umieszczonymi na badanych elementach, wynika, że zostały wykonane z takich materiałów jak PP+EPDM+M10, PP+EPDM, PP+PE. Osnową wszystkich materiałów jest PP (polipropylen). Proces rozdrabniania elementów przeprowadzono przy użyciu młyna nożowego z rotorem pionowym. Rozdrobniony materiał składał się z cząstek o wielkości do 10 mm i nieregularnym kształcie. Z mieszaniny poszczególnych materiałów wykonano kompozyt oznaczony MIX. Materiały do badań oznaczono symbolami przedstawionymi w tab.1.

Tabela 1. Materiały wykorzystane do badań i ich symbole

Lp.	Materiał	Symbol
1	Oślona (PP+EPDM+M10)	A
2	Nadkole 1 (PP+EPDM)	B
3	Nadkole 2 (PP+PE)	C
4	Recyklat (2/4A+1/4B+1/4C)	MIX

Powyższe materiały posłużyły do wykonania kompozytów na ich osnowie z udziałem recyklatu PVB w ilości 10%, 30% i 50% (odpad powstający przy produkcji wielowarstwowych szyb samochodowych).

Próbki do badań zostały wykonane technologią przetwórstwa wtryskowego przy użyciu wtryskarki ślimakowej BOY 15.

Badania pozwoliły określić wybrane właściwości mechaniczne takie jak: wytrzymałość przy statycznym rozciąganiu, twardość, udarność oraz przetwórcze takie jak: wskaźnik szybkości płynięcia, rozpliw w formie z gniazdem w kształcie spirali oraz gniazdem wielostopniowym. Metodyka badań została przedstawiona w literaturze [2,5].

Badanie wytrzymałościowe przeprowadzone przy użyciu maszyny typu SUNPOC WDW-5D, prędkości rozciągania 50mm/min. Twardość materiałów określano przy pomocy twardościomierza Shore'a, skala D zaś udarność określono stosując młot Charpy'ego.

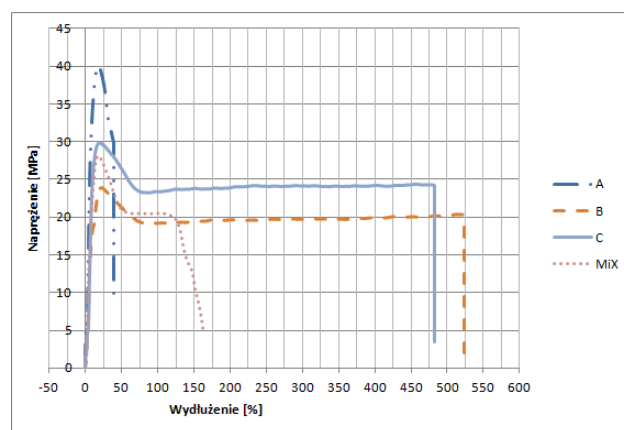
Wskaźnik szybkości płynięcia materiału (MVR) określono dla materiałów w temperaturach 180°C i 190°C przy obciążeniach 2,16 oraz 3,36 kg. Badania prowadzono na urządzeniu kapilarnym Melt flow Ceast 6841.

2. Wyniki badań

Poniżej zostały przedstawione wybrane wyniki badań w postaci graficznej.

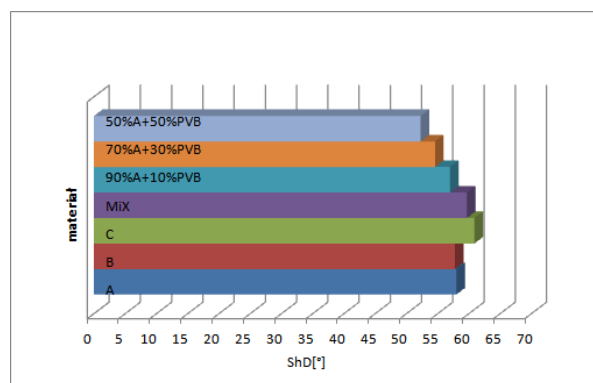
Na rysunku 5 przedstawiono charakterystyki rozciągania dla poszczególnych materiałów. Wytrzymałość na rozciąganie badanych materiałów jest w przedziale od 23,8 MPa do 39,9 MPa.

Wytrzymałość na rozciąganie kompozytu MIX jest większa w porównaniu z wytrzymałością materiału oznaczonego symbolem B zaś mniejsza niż materiałów A i C. Wydłużenie podczas rozciągania w zależności od materiału wynosiło od 40% do 528%. Największym odkształceniem cechował się kompozyt wykonany z PP+EPDM.



Rys. 5. Charakterystyki naprężeniowo-odkształceniowe badanych kompozytów

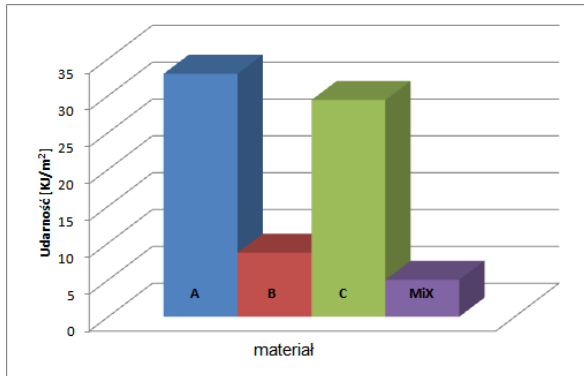
Twardość materiałów określona wg. metody Shore'a została przedstawiona na rys.6.



Rys. 6. Porównanie twardości badanych materiałów metodą Shore'a typ D

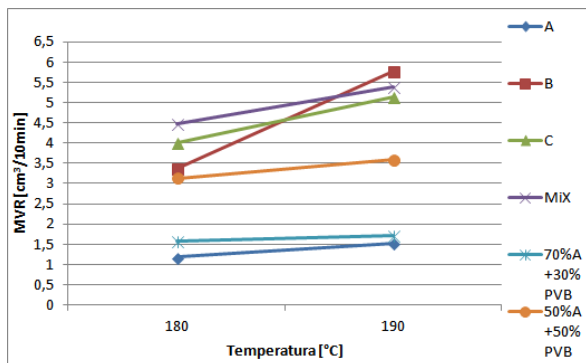
Jak wynika z przeprowadzonych badań najwyższą twardość posiada materiał C o składzie PP+PE. Kompozyt wytworzony z pozostałych materiałów charakteryzuje się podobną twardością. Dodatek recyklatu PVB spowodował obniżenie twardości kompozytów (A) wraz z procentowym wzrostem dodatku PVB.

Badania udarnościowe przeprowadzone na próbkach w postaci beleczek (młot Charpy'ego) wykazały istotny wpływ składu materiałowego na uzyskane wyniki (rys.7).



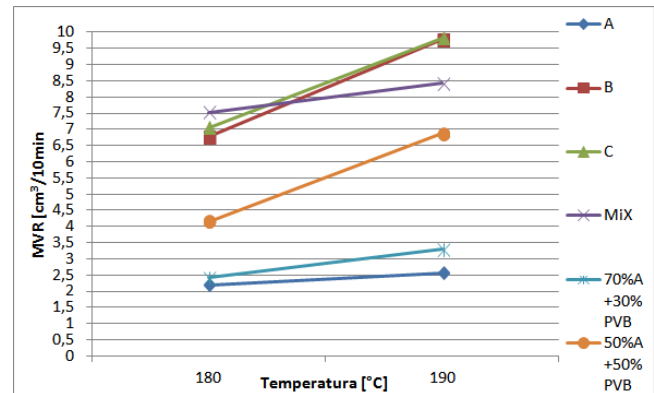
Rys. 7. Udarności kompozytów materiałowych (A-próbka bez karbu, B-próbka z karbem, C-próbka bez karbu, temp.-20°C, MIX-próbka z karbem)

Najwyższą udarność posiadał materiał A o składzie PP+EPDM+M10 wynoszącą 32,14 kJ/m² (próbka bez karbu). Pozostałe materiały pękały dopiero po wykonaniu karbu, bądź schłodzeniu ich do temp. -20°C. Udarność próbki w temperaturze -20 wykonanej z materiału PP+PE wynosiła 28,6 kJ/m². Pozostałe próbki tj. z materiału B oraz MIX były zbyt elastyczne i uległy pęknięciu dopiero po wykonaniu karbu. Badanie na próbkach z karbem wykazały, że materiał B posiadał udarność wynoszącą 8,68 kJ/m² natomiast mieszanka materiałowa MIX 5,26 kJ/m². Do określenia możliwości aplikacyjnych recyklatów wykonano badania określające objętościowy wskaźnik szybkości płynięcia (MVR) materiałów w dwóch temperaturach 180°C, 190°C oraz dwóch obciążeniach 2,16 kg i 3,36 kg. Przedstawiono również wyniki badań kompozytów po procesie ich modyfikacji przy użyciu recyklatu PVB. Wyniki badań pokazano na rys. 8-9.



Rys. 8. Przebieg zmian wskaźnika MVR w zależności od temperatury i składu materiału (obciążenie 2,16 kg)

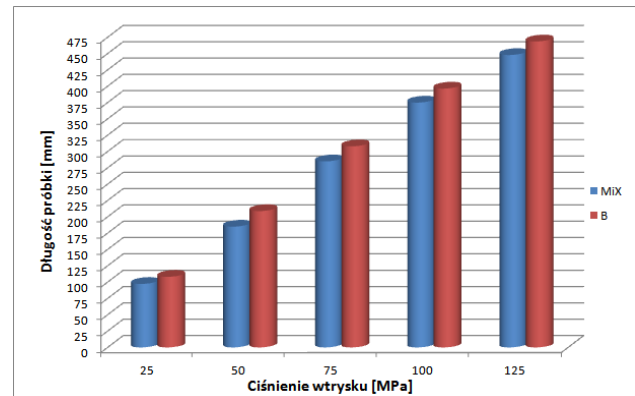
Rysunek 9 przedstawia wskaźnik szybkości płynięcia materiałów w dwóch temperaturach, pod obciążeniem 3,36 kg.



Rys. 9. Przebieg zmian wskaźnika MVR w zależności od temperatury i składu materiału (obciążenie 3,36 kg)

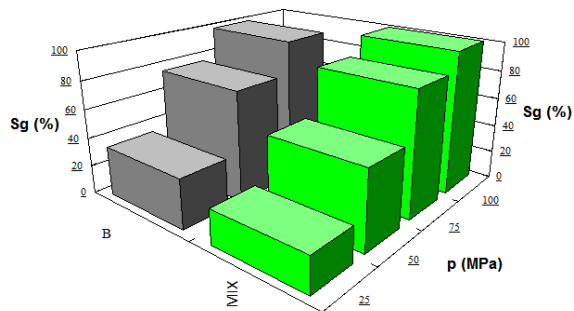
Analizując wykresy można zauważyć, że wzrost temperatury oraz obciążenia powodują zwiększenie wskaźnika szybkości płynięcia materiału. Porównując MVR materiału MIX z innymi materiałami, widać, że wskaźnik płynięcia jest wyższy od większości materiałów. Oznacza to, iż materiał ten z łatwością może być przetwarzany metodą wtryskową.

Badania rozplywu materiałów w formie jednogniazdowej, z gniazdem w kształcie spirali „spiralnej” wykonano przy użyciu wtryskarki BOY15. Temperaturę wtrysku ustalono doświadczalnie 200°C, 190°C, 180°C natomiast ciśnienie wtrysku wynosiło 25, 50, 75, 100, 125 MPa. Wyniki badań zostały przedstawione na rysunku 10.



Rys. 10. Wpływ ciśnienia wtrysku na długość wypraski spiralnej dla kompozytów B i MIX (długość spirali-długość próbki L [mm])

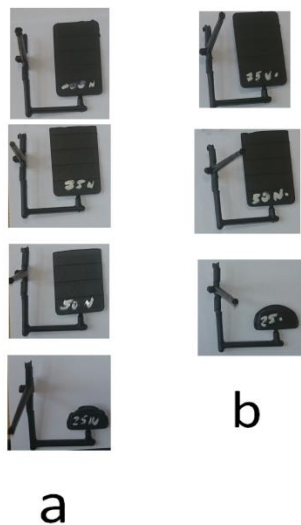
Długość wypraski spiralnej L uzyskanej z procesu wtryskowego uzależniona jest od rodzaju materiału oraz ciśnienia wtrysku. Materiał MIX przetwarzany przy tych samych parametrach, co materiał B charakteryzował się krótszą długością powstałej wypraski przy każdym ciśnieniu roboczym. Zwiększenie ciśnienia z 25 MPa do 125 MPa spowodowało wzrost długości powstającej wypraski o przeszło 400%. Rysunek 11 pokazuje porównanie stopnia wypełnienia formy „schodkowej” przez materiał B i MIX.



Rys. 11. Wpływ materiału i ciśnienia wtrysku na stopień wypełnienia formy schodkowej (temp. 200°C)

Pełne wypełnienie formy schodkowej zarówno dla materiału MIXa a także recyklatu B uzyskano przy ciśnieniu wtrysku 100 Mpa. Również pełne wypełnienie formy nastąpiło przy mniejszym ciśnieniu wtrysku tj. 75 MPa. Wypraski uzyskane z badań wypełnienia gniazda wielostopniowego w zależności od ciśnienia wtrysku przedstawia rys.12.

Rysunek12a przedstawia wypełnienie przy zastosowaniu ciśnienia bazowego 100 MPa zaś rys. 12b wypełnienie gniazd przy ciśnieniu bazowym 75 MPa.



Rys. 12. Badania stopnia wypełnienia formy z gniazdem wielostopniowym (schodkowym)

3. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że recyklaty powstałe z uszkodzonych elementów samochodowych wykonanych z kompozytów polipropylenowych po odpowiednim przygotowaniu mogą stanowić materiał konstrukcyjny na wyroby techniczne. Korzystny efekt uzyskuje się również w przypadku zmieszanych recyklatów na osnowie polipropylenu (np. uszkodzonych elementów – osłony, nadkola), co w konsekwencji nie wymaga prowadzenia procesu segregacji materiałów.

Badania wykazały celowość ich prowadzenia gdyż pozwoliły na określenie właściwości mechanicznych i przetwórczych materiałów wytworzonych z odpadów elementów samochodowych.

Zastosowanie tych materiałów ma istotne znaczenie zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska.

Bibliografia

1. Plastics and polymer composites in light vehicles. Economics&Statistics Department American chemistry Council. July 2016
2. <http://autokult.pl/4985,materiały-konstrukcyjne-w-nowoczesnych-pojazdach-samochodowych-cz-1>.
3. Dyrektywa 2000/53/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 września 2000r w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji.
4. Tartakowski, Z., *Wybrane aspekty przetwórcze i eksploatacyjne wielokomponentowych recyklatowych kompozytów poliamidowo-polietylenowych*. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, Szczecin, 2009.
5. Tartakowski Z., Trybuła D., Mydlowska K.: *Recykling wielowarstwowych materiałów polimerowych stosowanych w pojazdach samochodowych*, Czasopismo „Autobusy” nr. 6/2015
6. Grabacz T. Sikora J.W.: *Przetwórstwo tworzyw polimerowych*, Politechnika Lubelska, Lublin 2012

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 Mydlowska** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin

Recycling of composite polypropylene waste of automotive parts

Polymers materials are one of the most important materials used in automotive vehicles. Their share already exceeds 20% of the total vehicle weight. Existing EU law with regard to the recycling of motor vehicles, talking that people who uses recyclings are required to recycle used polymers materials in vehicles. Research on the possibility of material recycling of post-consumer waste components made of polypropylene composites was conducted. Research on selected processing properties and physical recyclable materials was performed. The impact of the material composition of the materials tested was determined. It has been found that recyclable composites can be applied to technical products.

Key words: recycling, motor vehicles, composite polypropylene, PVB, PP+EPDM.