

Sebastian BIAŁASZ, Tomasz KLEPKA

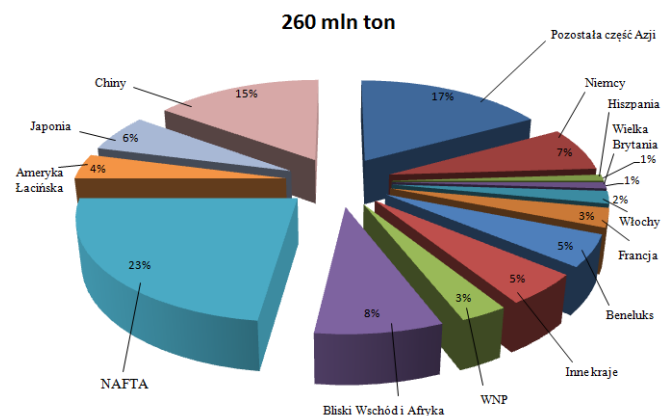
WYKORZYSTANIE RECYKLATÓW TWORZYW POLIMEROWYCH W BRANŻY MOTORYZACYJNEJ

W artykule omówiono temat zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych, otrzymanych w drodze procesów technologicznych oraz zużycia wyrobu. Przedstawiono metody recykling materiałowego, surowcowego i energetycznego oraz dokonano przeglądu prawnych ustaleń dotyczących gospodarki odpadami. Ponadto podano przykłady zastosowania w/w odpadów w ponownym procesie wytwarzania komponentów stosowanych w motoryzacji oraz środowisku ruchu drogowego oraz przeprowadzono badania wpływu wykorzystania regranulatu do produkcji tych części.

WSTĘP

Obecnie materiały z tworzyw polimerowych są wykorzystywane niemal w każdej dziedzinie gospodarki. Stale rosnące zużycie tworzyw polimerowych oraz długi czas ich rozpadu generuje istotny do rozwiązania problem zagospodarowania odpadów z tworzyw polimerowych. Jedną z możliwości rozwiązania tego problemu jest recykling materiałowy, surowcowy i energetyczny, który pozwala na ponowne włączenie odpadów do obiegu produkcyjnego. Nadal jednak znaczącym sposobem na zagospodarowanie odpadów tego typu jest ich składowanie, jest to metoda najmniej korzystna pod względem zarówno ekonomicznym, jak i ekologicznym. W Polsce w 2012 roku powstało około 1,48 mln ton pokonsumenckich odpadów z tworzyw polimerowych, z czego około 24% poddano recyklingowi mechanicznemu, około 17% odzyskowi energii, natomiast pozostałe 59% odpadów trafiło na składowiska. W porównaniu do średniej europejskiej jest to nadal mało. Obecnie wdrażana jest w Polsce nowa polityka zagospodarowania odpadów, co daje nadzieję, że nastąpi przyspieszenie w odchodzeniu od składowania odpadów z tworzyw polimerowych, na rzecz recyklingu mechanicznego i energetycznego. Wpływ na recykling mają również napelniacze dodawane do tworzyw polimerowych w celu poprawienia ich parametrów przetwórczych oraz właściwości uzyskiwanych wytworów.

W krajach UE uzyskano wysoki poziom recyklingu materiałowego wynoszący niewiele ponad 21%, pozostaje zatem do zagospodarowania około 80% odpadów. Niewiele ponad 29% osiągnął średni poziom odzyskiwania energii z odpadów tworzywowych w krajach UE, przy czym w krajach zachodniej Europy wyniósł on więcej niż w krajach Europy Wschodniej. Niektóre kraje kierują do spalania prawie 80% odpadów pokonsumenckich. Polska natomiast wykorzystuje odpady do produkcji energii w znacznie mniejszym stopniu, co może prowadzić do kar począwszy od 2014 roku w przypadku niewywiązania się z obowiązku recyklingu 60% odpadów polietylenowych. Na rysunku 1 przedstawiono wykres struktury zużycia tworzyw polimerowych na świecie, w stosunku do reszty świata kraje Europy odpowiadają za około 20% ogólnego zużycia tworzyw polimerowych. [9, 12]

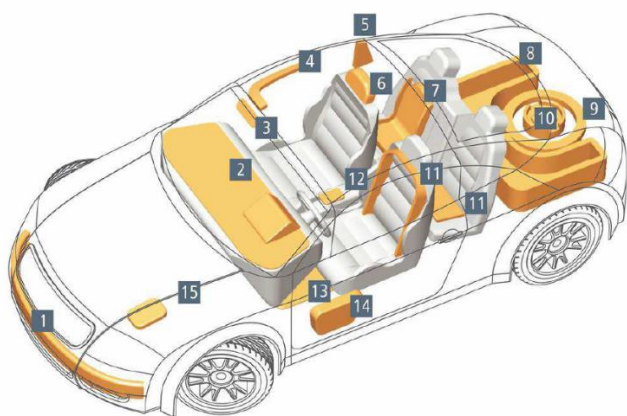


Rys. 1. Struktura zużycia tworzyw polimerowych na świecie w 2007 roku [8]

W branży motoryzacyjnej oraz budowlanej (a dokładniej budowy infrastruktury drogowej) wykorzystywane są materiały polimerowe w postaci litej, kompozytów, tworzyw porowatych, czy elastomerów. Wszystkie te rodzaje tworzyw charakteryzują się innym sposobem recyklingu, w rozumieniu ponownego wykorzystania do produkcji. W związku z tym, istnieje szereg rozwiązań na ponowne przetwórstwo i wykorzystanie tych materiałów, co pozwala zmniejszyć koszty produkcji oraz zwiększyć ochronę środowiska.

1. TWORZYWA POLIMEROWE W MOTORYZACJI

Skalę wykorzystywania tworzyw polimerowych do produkcji współczesnych pojazdów, można łatwo zaobserwować, oglądając pojazdy zarówno z zewnątrz, gdzie nadwozie i podwozie posiada szereg części polimerowych jak atrapy, zderzaki, zasłonki, opony, itp., oraz wewnątrz pojazdu, gdzie z materiałów tych wykonywane są takie części jak fotele, tablice rozdzielcze, tapicerki, i inne elementy wyposażenia wnętrza. Dodatkowo znaczący udział wykorzystywanych tworzyw, ma również wypełnienie niewidocznych miejsc w pojeździe, jak np. absorbery, elementy bezpieczeństwa biernego, czy wypełnienia przestrzeni. Tworzywa wykorzystywane przy produkcji pojazdów możemy podzielić na 4 główne grupy: lite, porowate, kompozyty oraz elastomery. Przykłady wykorzystania materiałów porowatych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Zastosowanie tworzyw porowatych w pojazdach samochodowych: 1 - absorbery energii, 2 - elementy deski rozdzielczej, 3 - osłony przeciwśłoneczne, 4 - elementy podsufitki, 5 - elementy słupków drzwiowych, 6 - zagłówki, 7 - foteliki dla dzieci, 8 - wypełnienia bagażnika, 9 - wypełnienia bagażnika, 10 - skrzynki narzędziowe, 11 - elementy siedzeń, 12 - podłokietniki, 13 - wkładki wygłuszające, 14 - elementy bezpieczeństwa biernego, 15 - elementy ochronne) [13]

Tworzywa polimerowe wybierane są do wytwarzania części motoryzacyjnych ze względu na swoje właściwości, jak: prostota formowania, naturalna niska gęstość, przystępna cena prefabrykatów, regulacja współczynnika rozszerzalności liniowej, możliwość obróbki wieloma sposobami, odporność na działanie związków chemicznych i czynników atmosferycznych, wysoki stopień tłumienia akustycznego i termicznego, czy właściwości estetyczne. [3]

W obecnych czasach prawie wszystkie elementy z tworzyw sztucznych wykonane są z tych samych tworzyw. Rozkład wykorzystania poszczególnych rodzajów tworzyw od lat prawie się nie zmienia. Najpopularniejszymi tworzywami wykorzystywanym do produkcji komponentów samochodowych są:

- polipropylen (PP) – wykorzystywany do produkcji zderzaków, zbiorników chemicznych, izolacji kabli, puszek gazowych, czy jako włókna dywanowe;
- poliuretany (PUR) – znalazły zastosowanie przy produkcji spojlerów, wykładzin, paneli izolacyjnych, kół i opon elastomerycznych, tulei zawieszania, foteli samochodowych oraz tapicerek;
- polichlorek winylu (PVC) - produkowane są tapicerki i fotele samochodowe, rury, czy osłony kabli elektrycznych;

Te trzy tworzywa stanowią ok. 66% wykorzystania wszystkich tworzyw polimerowych w branży motoryzacyjnej. Ponadto wykorzystywane są takie materiały jak: ABS, poliamidy (PA), polistyreny (PS), polietyleny (PE), poliacetal (POM), poliwęglany (PC), polimeta meta akrylan- plexi (PMMA), politereftalan butylenowy (PBT), poli(tereftalan etylenu) (PET), ASA (zamiennik ABS) [3, 15].

2. ZAGADNIENIA ZAGOSPODAROWANIA OPADÓW TWORZYWOWYCH

Wytwory z tworzyw polimerowych są obecnie stosowane praktycznie w każdej dziedzinie gospodarki, rosnące zużycie oraz relatywnie długi czas rozpadu jest istotnym problemem ich zagospodarowania. Utrudnienie w tym procesie stanowi różnorodność gatunków polimerów jak i zastosowanie wielu dodatków do tworzyw

polimerowych, które wpływają na właściwości użytkowe i przetwórcze tych materiałów. Przy ocenie, czy odpad może zostać poddany recyklingowi i w jaki sposób należy to wykonać, ważna jest sprawna i trafna jego identyfikacja oraz określenie przynależności do grupy materiałowej. Ze względu na czas i miejsce powstawania odpady polimerowe można podzielić na odpady produkcyjne i odpady użytkowe. Całkowite wykorzystane wartości odpadów tworzyw polimerowych wymaga łączenia różnych opcji gospodarki odpadami. Rozwiązania różnią się w zależności od krajów i ich infrastruktury, krajowych strategii gospodarki odpadami oraz dostępnych technologii. Ważnym elementem gospodarki odpadami z tworzyw polimerowych jest społeczna akceptacja zasady, że należy efektywnie wykorzystywać zasoby oraz że odpady tworzyw polimerowych są cennymi surowcami, których nie należy marnować na składowiskach odpadów [2, 9, 10, 11].

2.1. Składowanie odpadów tworzywowych

Znaczącym sposobem na zagospodarowanie odpadów z tworzyw polimerowych jest ich składowanie. Ilość odpadów trafiających na składowiska zmniejsza się systematycznie, jednak w porównaniu z innymi metodami zagospodarowania nadal pozostaje duża. Składowanie odpadów pod względem ekonomicznym i ekologicznym jest najmniej korzystną metodą ich zagospodarowania. W przypadku niewłaściwego przygotowania składowiska odpadów tworzywowych staje się ono w swoim obrębie źródłem zanieczyszczenia środowiska, co może prowadzić do zanieczyszczenia wód gruntowych. Tego typu składowiska wymagają długotrwałego wyłączenia ziemi z użytkowania, ponieważ większość tworzyw polimerowych, które na nie trafiają charakteryzuje się długim czasem rozkładu. Postęp cywilizacyjny, rozwój miast, a co za tym idzie wzrost liczby mieszkańców niesie ze sobą trudności związane ze składowaniem odpadów. Wraz z tendencją zwiększania się ilości odpadów przypadających na jednego mieszkańca problem składowania odpadów będzie narastał. Większość tworzyw polimerowych nie występuje w przyrodzie w sposób naturalny, w wyniku czego nie istnieją mikroorganizmy posiadające zdolności do ich rozkładu. Z uwagi na to cechą charakterystyczną polimerów jest wysoka stabilność mikrobiologiczna.

Oceniając aktywność mikrobiologiczną tworzyw polimerowych należy wziąć pod uwagę możliwość migracji różnych substancji chemicznych zawartych w tych tworzywach. Taki proces może doprowadzić do zwiększenia zawartości substancji odżywczych dla mikroorganizmów, co z kolei może prowadzić do zwiększenia mikroflory. W środowisku wodnych dyspersji polimerów mikroorganizmy rozwijają się dzięki pożywieniu dostarczanemu przez materiały organiczne. Złożone związki organiczne ulegają rozkładowi na proste związki, takie jak aminokwasy i alkohole przy pomocy fermentacji. W wyniku tego mogą powstawać produkty uboczne rozpadu w postaci związków organicznych, jak na przykład amoniak, czy azot. Dynamiczność przebiegu procesu fermentacji zależy od czynników zewnętrznych, pH, temperatury otoczenia oraz natężenia światła. Rozpad mikrobiologiczny polimerów powoduje szereg zjawisk, takich jak: zmiana barwy, gęstości, pH, koagulację lub rozwarstwienie emulsji. Dla lepszego zobrazowania poruszanego problemu poniżej została zamieszczona tabela 1, w której przedstawiono wartości współczynnika mikrobiologicznej trwałości niektórych tworzyw.

Tab. 1. Mikrobiologiczna trwałość wybranych polimerów i oligomerów

Rodzaj tworzywa polimerowego lub oligomeru	Współczynnik aktywności mikrobiologicznej	Uwagi
Tworzywa polimerowe		
Poli(tetrafluoroetylen)	0	Trwale
Poli(chlorotrófluoroetylen)	0	Trwale
Poli(chlorek winylu)	0	Trwale
Poli(tereftalan etylenu)	0,20	Trwale
Poliakrylonitryl	0,33	Trwale
Polietylen	0,34	Trwale
Polistyren	0,54	Trwale
Poliamid	0,94	Trwale
Kopolimer akrylonitryl/butadien	1,00	Częściowo trwałe
Kopolimer styren/butadien	1,06	Częściowo trwałe
Poliwęglan	1,39	Częściowo trwałe
Poli(metakrylan metylu)	1,44	Częściowo trwałe
Poli(octan winylu)	2,39	Nietrwale
Poli(alkohol winylowy)	2,63	Nietrwale
Oligomery		
Żywica rezorcynoformaldehydowa	0	Trwale
Żywica silikonowa	0,17	Trwale
Żywica epoksydowa	0,19	Trwale
Żywica akrylowa	0,51	Trwale
Żywica poliuretanowa	0,97	Trwale
Żywica poliestrowa	1,20	Częściowo trwałe
Żywica mocznikowa	1,50	Częściowo trwałe
Żywica alkidowa	3,00	Nietrwale

Poziom mikrobiologicznej trwałości jest określany zgodnie z klasyfikacją Wasserbauera: 0 – brak przyrostu, 1 – słaby przyrost, 2 – przyrost słaby bliżej średniego, 3 – średni przyrost, 4 – duży przyrost.

Rozwój przemysłu i postęp cywilizacyjny oraz wzrost poziomu życia przekłada się na ilość odpadów wytwarzanych przez człowieka, która wzrasta w sposób lawinowy, dlatego zwiększa się również rola oraz znaczenie składowisk. Składowiska są to obiekty na powierzchni ziemi przeznaczone do składowania odpadów stałych tak, aby w czasie eksploatacji składowiska, jak i po, nie wywołać zanieczyszczenia środowiska. Obecnie składowiska są nieodłącznym elementem systemu neutralizacji odpadów, zazwyczaj wtedy, gdy nie ma możliwości ich całkowitej utylizacji [16].

Istnieje ogólnie przyjęty podział składowisk ze względu na rodzaj składowanych odpadów:

Klasa 1 – są to składowiska odpadów mineralnych, nieaktywnych lub mało aktywnych biologicznie i chemicznie (obojętne);

Klasa 2 – należąc do niej składowiska odpadów komunalnych oraz odpadów podobnych do nich według składu chemicznego;

Klasa 3 – zalicza się do niej składowiska niebezpiecznych odpadów przemysłowych [16].

We współczesnych rozwiązaniach składowania odpadów możemy wyróżnić dwa rodzaje wysypisk:

1. Wysypiska – reaktory (chemiczne lub biologiczne). Są to obiekty, w których przemianom biochemicznym lub chemicznym ulegają składowane odpady.
2. Wysypiska – magazyny. Trafiają na nie wyłącznie odpady posiadające właściwości podobne do ziemi gruntowej, to jest: kamień, ruda, piaski, gleba.

W dzisiejszych czasach składowiska są przedsiębiorstwami z dobrze rozwiniętą infrastrukturą, które nie stanowią znacznego zagrożenia dla otoczenia. Możliwe jest, że po zakończeniu eksploatacji teren składowiska po odpowiedniej obróbce i rekultywacji znów będzie nadawał się do wykorzystania.

Z punktu widzenia ochrony środowiska jednym z największych problemów są opony, które stanowią 60-70% produkcji przemysłu

gumowego i od lat większość z nich trafia na składowiska. Zużyte opony stanowią około 80% poeksploatacyjnych wytworów gumowych. Są one nie tylko największą grupą poeksploatacyjnych wytworów gumowych, ale także ze względu na swój skład i budowę ich recykling jest znacznie trudniejszy. Oprócz gumy zawierają one kord tekstylny i stalowy, który należy oddzielić podczas procesów recyklingu [5, 6, 14, 16].

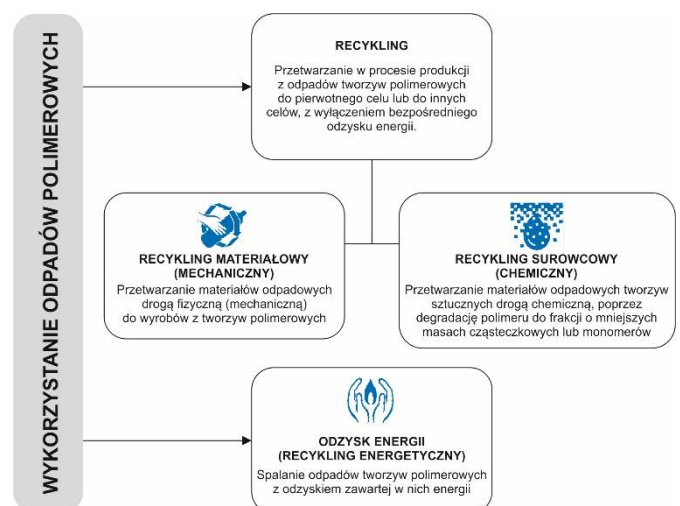
2.2. Recykling odpadów tworzywowych

Każda osoba w Unii Europejskiej zużywa co roku średnio 16 ton materiałów, z czego 3 miliony ton kończy swój żywot na wysypiskach śmieci. W krajach członkowskich UE obserwowana jest korzystna tendencja w odniesieniu do poziomów odzysku i recyklingu tworzyw polimerowych. W 2011 roku wskaźnik odzysku tworzyw polimerowych wynosił 59,6%, a w 2012 roku odsetek ten wzrósł do 61,9% [10, 12]. Przekłada się to na wzrost ilości odzyskiwanych odpadów tworzyw polimerowych o 4%; oznacza to stabilną i silną tendencję wzrostową. Jednocześnie ilość odpadów tworzyw polimerowych na wysypiskach zmniejszyła się o 5,5%, co również jest dowodem pozytywnych zmian w zakresie zagospodarowania odpadów tworzyw polimerowych. Ilość zebranych odpadów przeznaczonych do recyklingu mechanicznego wzrosła o 4,7%, recykling surowcowy, będący na znacznie niższym poziomie (86 tys. ton), wzrósł o 19,4%. O 3,3% wzrósł również odzysk energii. Obserwowany od 2009 roku w Europie wzrost całkowitej ilości pokonsumowanych odpadów tworzyw polimerowych zatrzymał się w roku 2011 roku; w 2012 roku ilość wytworzonych odpadów osiągnęła mniej więcej takim samym poziomem, tj. 25,2 miliona ton odpadów. Ponad 3/4 (77%) tych odpadów powstaje siedmiu krajach: w Niemczech, Wielkiej Brytanii, Francji, Włoszech, Hiszpanii, Polsce i Holandii, a tylko 1/4, w pozostałych 22 krajach UE. Wśród odpadów tworzyw wielkocząsteczkowych dominują odpady opakowaniowe stanowiące 62,2% wszystkich odpadów tego typu. Każde z pozostałych zastosowań (budownictwo, E&E, rolnicze) stanowi od 5 do 6% [10, 12].

Ponowne wykorzystywanie odpadów tworzywowych odbywa się na dwa sposoby, tj. jako:

- Recykling (materiałowy oraz surowcowy)
- Odzysk energii (inaczej recykling energetyczny).

Podział ten przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Sposoby wykorzystania odpadów polimerowych.

Recykling materiałowy jest jedną z najbardziej preferowanych form recyklingu, ponieważ ogranicza zapotrzebowanie na oryginalne tworzywa polimerowe. Jego proces polega na powtórnym przetwarzaniu odpadów tworzywowych przy wykorzystaniu fizycznych procesów przetwórczych. Korzyścią jaką niesie ze sobą recykling

materiałowy jest zmniejszenie zużycia energii, wykorzystania ropy naftowej, a także ograniczenie emisji szkodliwych związków do środowiska. Ta metoda jest jednak ograniczana do tworzyw termoplastycznych, gdyż tworzywa utwardzalne przez wzgląd na ich właściwości przetwórcze można wykorzystać jedynie jako napelnicze, oczywiście po ich wcześniejszym odpowiednim przygotowaniu. Przez wzgląd na stopniowe pogarszanie się właściwości otrzymanego tworzywa polimerowego w kolejnych cyklach, krotkość przetwórstwa tworzyw termoplastycznych jest ograniczona.

Celem stosowania recyklingu materiałowego jest otrzymanie pełnowartościowego tworzywa polimerowego, które zostanie przeznaczone do dalszego przetwórstwa. Problemy z jakością i powtarzalnością właściwości recyklatów mogą być rozwiązane, jeżeli proces ich odzysku będzie traktowany jako proces wytwarzania nowych materiałów, kształtowanych pod kątem najbardziej efektywnych zastosowań.

Głównymi operacjami wchodzącymi w skład recyklingu materiałowego zanieczyszczonych odpadów tworzyw polimerowych są: sortowanie wstępne, rozdrabnianie wstępne, mycie, sortowanie ostateczne, rozdrabnianie ostateczne, suszenie oraz granulowanie. Dla niektórych rodzajów odpadów tworzyw polimerowych nie wszystkie operacje są konieczne, dlatego zbędne zostają pominięte, a sam proces recyklingu ulega uproszczeniu.

W przypadku branży motoryzacyjnej możliwe do przeprowadzenia recyklingu materiałowego są części wykonane m.in. z polipropylenu, czy polietylenu. Powtórnie wykorzystany materiał, może znaleźć zastosowanie zarówno w produkcji automotivu, ale również być odsprzedawana do produkcji z innej gałęzi gospodarki, wymagającej niższej jakości preproduktów.

Innym przykładem recyklingu materiałowego, jest powtórne wykorzystanie rozdrobnionego materiału polimerowego jako napelnicza, do wytwarzania nowych wyrobów. Przykładem takiego rozwiązania mogą być rozdrobnione odpady po oponach samochodowych, które wykorzystuje się w budownictwie drogowym (często jako kompozyt polietylen-guma), jako wypełnienie nasypu drogowego, słupków Ula do oznakowania skrajni drogi lub elementów przydrożnych ekranów akustycznych (rys. 4.).



Rys. 4. Przykłady zastosowania odpadów z opon.

Recykling surowcowy, nazywany również chemicznym, polega na chemicznej degradacji polimeru do frakcji o mniejszych masach cząsteczkowych lub monomerów. Ten rodzaj recyklingu występuje się ze względu na wysoką cenę monomeru, przede wszystkim dla polimerów kondensacyjnych np. PET. W celu przeprowadzenia recyklingu surowcowego tworzywo polimerowe należy odzielić od wszelkich innych substancji, usunąć wszelkie zanieczyszczenia, które mogą niekorzystnie wpłynąć na przebieg reakcji chemicznej. Z recyklingiem surowcowym wiąże się ściśle problem segregacji odpadów i ich identyfikacji.

Najczęściej poddawane recyklingowi chemicznemu są odpady poliestrów termoplastycznych, głównie poli(tereftalanu etylenu),

poli(meta) meta akrylu oraz poliuretanów, które znajdują liczne zastosowanie w budowie pojazdów.

Recykling energetyczny polega na spalaniu odpadów tworzyw polimerowych z odzyskiem zawartej w nich energii. Wykorzystanie ciepła ze spalania odpadów jest opłacalne ze względów energetycznych. Z tego rodzaju recyklingiem odpadów z tworzyw polimerowych wiąże się nadzieja na globalne rozwiązanie przetwarzania zwłaszcza tych odpadów, które nie mogą być przerobione i zagospodarowane w inny sposób.

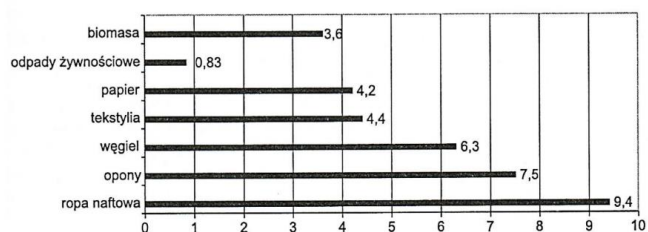
Zaletą recyklingu energetycznego jest fakt, że niezależnie od rodzaju zastosowanego tworzywa polimerowego, użytych wypełniaczy i dodatków, a także charakteru i postaci odpadu, nie zachodzi potrzeba wstępnej segregacji odpadów ani ich mycia, czy usuwania elementów innych substancji organicznych.

W przypadku branży motoryzacyjnej, głównym materiałem wykorzystywanym do recyklingu energetycznego są opony.

Spalanie opon wytwarza więcej energii niż węgiel, przez co jest bardzo efektywne energetycznie (rys. 5). Spalanie najczęściej stosowane są w cementowniach w specjalnie zaprojektowanych do tego procesu piecach, jako 20% dodatek do paliwa. Takie zagospodarowanie gumowego recyklatu jest bardzo powszechne w krajach rozwijających się np. USA, Japonia, Niemcy. W Polsce takie rozwiązanie jest stosowane między innymi w Cementowni Chełm.

Opony stosowane jako paliwo mogą być w postaci stałej lub rozdrobnionej jako paliwo podstawowe lub dodatkowe do produkcji pary, energii elektrycznej, cementu, papieru, wapna, stali oraz spalarniach śmieci. Paliwo z opon oznaczane jest skrótem TDF (tyre derived fuel). Wysoka temperatura (>1000oC) w piecach cementowych pozwala na całkowite spalanie opon oraz utlenienie zawartej w nich stali. Jest bardzo korzystna obecność kordu stalowego w przypadku wypalania klinkieru, ponieważ w tym procesie dodawane są tlenki żelaza [7].

Na rysunku 5 przedstawiono wartość energetyczną spalanych opon w porównaniu z innymi materiałami spalnymi.



Rys. 5. Wartość energetyczna różnych paliw w porównaniu ze spalnymi oponami (tys. kcal/kg)

3. PRZETWÓRSTWO TWORZYW WTÓRNYCH

Odpady otrzymane w drodze produkcji części motoryzacyjnych z polimerów, są ponownie wykorzystywane w tej branży w bardzo małym pierwiastku, ze względu na wysokie wymagania jakościowe. Jednak, jak wcześniej wspomniano, swoje zastosowanie znajdują przy budowie infrastruktury drogowej, niezbędnej do użytkowania pojazdów mechanicznych.

W literaturze patentowej możemy znaleźć wiele przykładów wykorzystania m.in. odpadów gumowych, jak np. wytwarzanie porowatych rur z kompozycji polimerowych zawierających odpady gumowe (PL 175637), wytwarzanie płyt dźwiękochłonnych do paneli ekranów tłumiących hałas (PL 206725), wytwarzanie drogowych barier ochronnych (US5336016), czy innych [1, 4, 8].

Ponadto często wyroby z regranulatów wykorzystuje się w miejscach nie widocznych, tj. wypełnieniach przestrzeni, w celu

zwiększenia właściwości tłumienia akustycznego i termicznego oraz zmniejszenia kosztów produkcji.

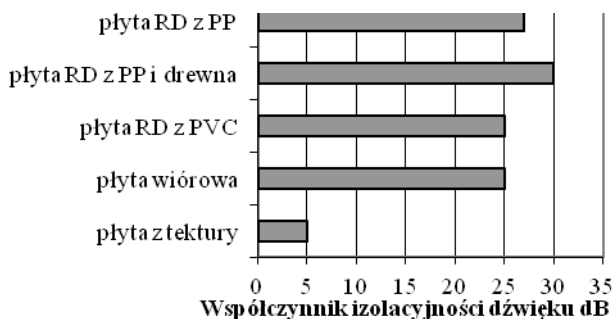
Nowatorskim rozwiązaniem w tej dziedzinie może być wykorzystanie płyt RD. Płyty RD – reduced density (rys. 6) są wyrobem uzyskiwanym w wyniku prasowania z nagrzewaniem, wiórów polimerowych, drewnianych lub polimerowo-drewnianych, będących odpadem produkcyjnym. Proces ten może być wykonywany w trzech odmianach:

1. Prasowanie z nagrzewaniem w celu uplastycznienia wiórów polimerowych (np. PP lub PVC).
2. Prasowanie z nagrzewaniem w celu uplastycznienia i klejenia wiórów polimerowych z wypełniaczami (np. PP lub PVC z gumą).
3. Prasowanie z nagrzewaniem w celu klejenia wypełniaczy (guma z klejem termoutwardzalnym)

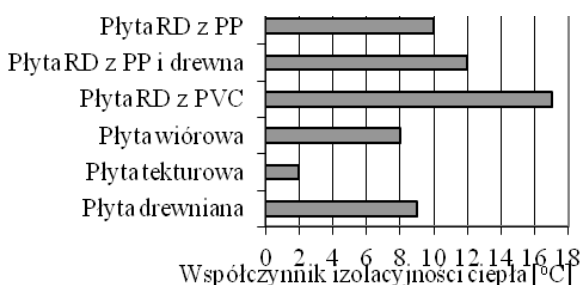


Rys. 6. Płyta RD z polipropylenu

Płyty te, mogą stanowić wypełnienie izolacyjne, ze względu na wysokie walory tłumienia zarówno termicznego, jak i akustycznego, co przedstawiono na rysunku 7 oraz 8 (źródło: badania własne).



Rys. 7. Porównanie współczynnika izolacyjności dźwięku dla badanych płyt.



Rys. 8. Porównanie współczynnika izolacyjności ciepła dla badanych płyt.

PODSUMOWANIE

Przedstawione informacje ukazują skalę wytwarzania i wykorzystywania odpadów polimerowych. Materiały z tworzyw

polimerowych są obecnie stosowane praktycznie w każdej dziedzinie gospodarki. Ich rosnące zużycie oraz stosunkowo długi czas rozpadu jest istotnym problemem zagospodarowania odpadami tworzyw polimerowych. Rozwiązania zagospodarowania odpadów z tworzyw polimerowych różnią się w zależności od krajów i ich infrastruktury, krajowych strategii gospodarki odpadami oraz dostępnych technologii. Znaczna część odpadów z tworzyw polimerowych jest składowana i choć ilość odpadów trafiających na składowiska cały czas się zmniejsza, to i tak w porównaniu z innymi metodami zagospodarowania nadal pozostaje duża. Składowanie odpadów pod względem ekonomicznym i ekologicznym jest najmniej korzystną metodą ich zagospodarowania. W krajach członkowskich Unii Europejskiej obserwowana jest korzystna tendencja w odniesieniu do poziomu odzysku i recyklingu tworzyw polimerowych. Mimo wszystko należy podjąć bardziej zdecydowane działania, aby móc osiągnąć w Europie cel, jakim jest „zero odpadów tworzyw na wysypiskach do roku 2020”. Przy obecnej tendencji całkowite wyeliminowanie tworzyw polimerowych, które trafiają na wysypiska, byłoby realne do spełnienia około 2040 roku.

Za najbardziej preferowaną formę recyklingu uważany jest recykling materiałowy, ponieważ ogranicza zapotrzebowanie na oryginalne tworzywa polimerowe. Korzyścią, jaką ze sobą niesie ten rodzaj zagospodarowania tworzyw polimerowych, jest zmniejszenie zużycia energii, wykorzystanie ropy naftowej, a także ograniczenie emisji szkodliwych związków do środowiska. Aby wyroby tworzywowe nie trafiały na wysypiska w tak dużej liczbie należałoby położyć większy nacisk na segregację i skup wyrobów zawierających duże ilości materiałów polimerowych. Należy również położyć większy nacisk na sprawę zwiększania świadomości społecznej i zaufania odbiorców. Czynnikiem mającym ułatwić recykling materiałowy oraz materiałów polimerowych powinna być większa aktywność i konkurencyjność organizacji, które pośredniczą w odzysku odpadów. Biorąc pod uwagę obowiązujące prawo i techniczne możliwości w Polsce, która posiada szybko rozwijający się i stosunkowo nowy przemysł przetwórczy można założyć, że w następnych latach powinno nastąpić zwiększenie recyklingu materiałowego.

Z recyklingiem surowcowym ściśle wiąże się problem segregacji odpadów i ich identyfikacji. Ten rodzaj recyklingu wykorzystuje się ze względu na wysoką cenę monomeru. Najczęściej poddawane recyklingowi surowcowemu są odpady poliestrów termoplastycznych, głównie poli(tereftalanu etylenu) oraz poliuretanów. W przypadku recyklingu energetycznego wiąże się z nim nadzieja na globalne rozwiązanie przetwarzania zwłaszcza tych odpadów, które nie mogą być przerobione i zagospodarowane w inny sposób. Zaletą tego rodzaju recyklingu jest fakt, że niezależnie od rodzaju zastosowanego tworzywa polimerowego, użytych wypełniaczy i dodatków, a także charakteru i postaci odpadu, nie zachodzi potrzeba wstępnej segregacji, ani ich mycia. Uzyskane w ten sposób produkty po prostej obróbce mogą być stosowane, jako paliwa gazowe, ciekłe lub stałe, bądź używane też, jako surowce chemiczne.

Dużą rolę w przetwórstwie tworzyw wtórnych odgrywa właściwa segregacja tworzyw polimerowych na poszczególne rodzaje, a w tym celu pomocne stają się odpowiednie oznakowanie odpadu. Ponadto odpady, aby mogły zostać ponownie przetworzone muszą być poddane kontroli i spełniać pewne minimalne wymagania dotyczące rozkładu tworzywa i jego właściwości. Podczas wielokrotnego przetwórstwa wtórne tworzywa polimerowe ulegają stopniowej degradacji wskutek intensywnego ścierania i obciążenia cieplnego, co powoduje zmianę ich właściwości, a następnie wpływa na jakość wyrobu. W celu tych zmian dość często stosuje się składniki dodatkowe, dobiera odpowiednie techniki recyklingu oraz parametry procesu. Podczas użytkowania wyrobu, tworzywo polimerowe podlega działaniom warunków atmosferycznych i promieniowania sło-

necznego, zmiennym obciążeniami mechanicznymi oraz cieplnymi, wielokrotnym odkształceniami. Wszystko to prowadzi do rozwoju w polimerze procesów rozkładu oraz utleniania, czego efektem jest zwiększenie średniego ciężaru cząsteczkowego, a co z kolei wywołuje zmiany lepkości w stanie stopionym. Podczas przetwórstwa recyklatów wskazane jest stosowanie dodatkowych stabilizatorów, które przeciwdziałają degradacji, bądź ją hamują. Ponadto napelniacze wprowadzane są do tego rodzaju tworzywa w celu polepszenia właściwości mechanicznych oraz cieplnych. Wpływ napelniacza na recykling w dużym stopniu uzależniony jest od jego rodzaju. Zwykle przy dodaniu dużej ilości napelniacza tworzywa łatwiej się rozdrabniają, ale za to mogą wystąpić trudności z procesem ich ponownego przetwórstwa. Ponowne wykorzystywanie materiałów polimerowych niesie ze sobą liczne, pozytywne konsekwencje społeczne. Co więcej, stanowi ważny bodziec w rozwoju społecznej odpowiedzialności zarówno firmy, jak i samego produktu. Jednocześnie tworzy to sprzężenie zwrotne z koncepcją CSR (Corporate Social Responsibility), która także ma silny wpływ na rozwój innowacyjności. Potwierdza to raport Komisji Europejskiej opublikowany w 2008 roku na temat konkurencyjności europejskiej gospodarki, który wyraźnie mówi, że CSR może wspierać rozwój innowacji, a tym samym przyczyniać się do wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw.

Poprzez wytworzenie z odpadów poprodukcyjnych nowego produktu, uzyskuje się także zmniejszenie ich ilości, co z jednej strony prowadzi do zmniejszenia kosztów ekonomicznych zarówno firmy (mniej odpadów, które należy utylizować) jak i administracji publicznej, związanych z ochroną środowiska (m.in. konieczności udostępniania miejsc do ich składowania). Z drugiej strony, działania te przyczyniają się do poprawy ochrony środowiska naturalnego. Innym, równie ważnym aspektem z punktu widzenia społecznego są unikalne właściwości dźwiękochłonne i termoizolacyjne nowego produktu.

BIBLIOGRAFIA

1. Baatz G.A.: Rubber vehicular impact barrier. Numer publikacji: US5336016 (1993)
2. Evans J.: Plastic bags: an unfair reputation? *Plastics Engineering* 2013, 9, s. 22-29
3. Gesella G., Szeleziński A, Murawski L., Muc A., *Wykorzystanie tworzyw w sektorze motoryzacyjnym. Wpływ temperatury pracy wylączarek na jakość wyrobu.*, *Autobusy* 6/2015, Warszawa 2015.
4. Hosaja A., Smykla M., Heneczowski M., Kowalska E., Pasynkiewicz S., Wielgosz Z., Żubrowska M., Choroś M.: Sposób wytwarzania płyt dźwiękochłonnych do paneli ekranów tłumiących hałas. Numer publikacji: PL 206725 (2004)
5. Kijeński J., Błędzki A. K., Jeziórska R.: Odzysk i recykling materiałów polimerowych. Wydawnictwo Naukowe PWN SA. Warszawa 2011
6. Komornicki R., Jeziórska R., Abramowicz A., Wielgosz Z.: Recykling odpadów wykładzin samochodowych. *Przetwórstwo Tworzyw* 2013, 3, s. 208-212
7. Marcinkowski T.: Kompleksowe zarządzanie gospodarką odpadami. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych, Poznań 2011.k
8. Ostrowski E., Kowalska E.: Urządzenie do otrzymywania porowatych rur z kompozycji polimerowych zawierających odpady gumowe. Numer publikacji: PL 175637 (1995)
9. Penczek S., Pretula J., Lewiński P.: Polimery z odnawialnych surowców, polimery biodegradowalne. *Polimery* 2013, 11-12, s. 835-846
10. Rytko G.: Produkcja tworzyw sztucznych a ich recykling., *Recykling i odzysk materiałów polimerowych. Materiały – Technologie – Utylizacja*. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Szczecin 2009
11. American Chemistry Council.: Two decades of progress in plastics recycling. *Plastics Engineering* 2013, 5, s. 34-36
12. Raport PlasticEurope, Tworzywa sztuczne –Fakty 2013 Analiza produkcji, zagospodarowania oraz odzysku tworzyw sztucznych w Europie w roku 2012
13. Materiały informacyjne firmy tridelta, Berstorff, Sulzar
14. Uchwała Nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010 r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”
15. <http://info.crafttechind.com/blog/bid/391683/13-High-Performance-Plastics-Used-in-the-Automotive-Industry> - data dostępu 30.03.2017.
16. www.ekoinfo.pl

Use of polymer plastic recyclings in the automotive industry

The article discusses the problem of waste management of polymeric plastics, obtained by technological processes and product wear. The methods of polymer waste management, including the recycling of materials, raw materials and energy, have been presented and the legal framework for waste management has been reviewed. Further examples of application of the aforementioned waste in the reprocessing of the components used in the accreditation and the traffic environment were also given, and the impact of the use of the regranulate on the production of those parts was investigated.

Autorzy:

dr hab. inż. **Tomasz Klepka** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych, t.klepka@pollub.pl.

mgr inż. **Sebastian Białasz** – Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych, sebastian.bialasz@pollub.edu.pl