

Dr inż. Mariusz Fabijański
Instytut Kolejnictwa

PODSTAWY RECYKLINGU MATERIAŁÓW W TRANSPORCIE SZYNOWYM ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM TWORZYW SZTUCZNYCH

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie
2. Recykling
3. Materiały polimerowe stosowane w transporcie szynowym
4. Możliwości recyklingu materiałów stosowanych w transporcie szynowym
5. Podsumowanie

STRESZCZENIE

Powtórne odzyskiwanie materiałów jest synonimem dojrzałości technicznej i ekonomicznej. Troska o ochronę środowiska naturalnego powoduje, iż ilość odzyskiwanych i ponownie wykorzystywanych tworzyw sztucznych (syn. materiałów polimerowych, polimerów) ciągle rośnie praktycznie we wszystkich krajach. Działania proekologiczne są związane z ograniczaniem zanieczyszczenia środowiska powodowanego bezpośrednim lub pośrednim działaniem przez usuwanie ogromnych ilości zużytych produktów. Regulacje prawne wielu państw, dyrektywy Unii Europejskiej obligują do recyklingu różnych wyrobów i wywołują efekt polegający na zwiększaniu się ilości materiałów wtórnych na rynku. To z kolei oznacza, że wyzwanie, jakie stawia recykling tworzyw, nie polega tylko na samym odzysku materiałów, ale także na poszukiwaniu nowych zastosowań tych surowców.

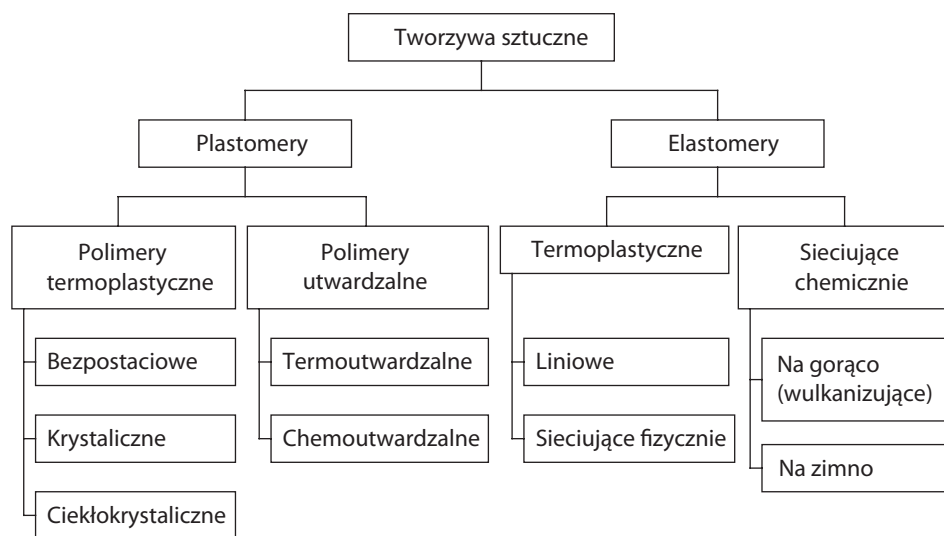
Zagadnienia te również dotyczą szeroko rozumianego transportu szynowego i przemysłu z nim związanego. Konieczne jest prowadzenie odpowiedniej gospodarki materiałowej tak, żeby maksymalnie wykorzystać istniejące materiały i skorzystać z ich „dobrodziejstwa”, już częściowo ukształtowanych właściwości. Poddając te materiały recyklingowi, oszczędzamy energię, pieniądze i odciążamy nasze naturalne środowisko.

1. WPROWADZENIE

Materiały polimerowe to synonim nowoczesności i postępu gospodarczego. Trudno sobie dzisiaj wyobrazić współczesny świat techniki bez tych aplikacji. Łatwość formowania i kształtowania, niskie zużycie energii podczas przetwarzania, powodują niemalejące zainteresowanie tymi materiałami. „Rewolucja” w zastosowaniach materiałów polimerowych nie ominęła również transportu kolejowego. Powszechnie stosuje się w nawierzchni kolejowej, w budowie i wyposażeniu taboru. Zalet z ich stosowania jest bardzo dużo, a korzyści, jakie z tego płyną przekładają się w znacznym stopniu na oszczędności energii, pracy, a co za tym idzie ograniczenie kosztów [20, 7, 2].

Polimery zwane potocznie tworzywami sztucznymi, to inaczej substancje chemiczne o bardzo dużej masie cząsteczkowej, które składają się z wielokrotnie powtórzonych jednostek zwanych merami. Posiadają one wiele swoistych cech i cennych właściwości takich, jak: mała gęstość, duża wytrzymałość, trwałość, łatwość przetwarzania, są odporne na działanie czynników atmosferycznych.

Różnorodność budowy chemicznej powoduje, iż istnieje olbrzymia grupa tworzyw o odmiennych między sobą właściwościach. Na rysunku 1 przedstawiono podział tworzyw sztucznych.



Rys. 1. Podział tworzyw sztucznych [7]

Szczegółowe omawianie schematu (rys. 1), przedstawienie poszczególnych grup tworzyw mogłoby stanowić oddzielny artykuł. Podział ten determinuje również kierunki zastosowania poszczególnych materiałów, jak i metody ich przetwórstwa. Największa grupa to plastomery, które w temperaturze otoczenia pozostają w stanie twardym. W niej

wyróżnia się dwie podgrupy: polimery termoplastyczne i utwardzalne. Oba rodzaje (typy) materiałów powszechnie stosuje się w taborze szynowym, a ich udział objętościowy (w nowszych konstrukcjach) jest znaczący i dorównuje objętości materiałom metalowym. Elastomery to materiały, które w temperaturze otoczenia ulegają bardzo dużym odkształceniom sprężystym, mówiąc językiem potocznym „rozciągają się”. One też mają zastosowanie w budowie taboru szynowego.

Różnorodność, mnogość odmian i praktycznie niezliczona liczba zalet powodują, że polimery są wszędzie stosowane, od gospodarstw domowych, aż po zaawansowane technologicznie konstrukcje. Duża ilość stosowanych materiałów polimerowych i ich trwałość powoduje pewien bardzo poważny problem, jakim są odpady oraz elementy wycofane z użytkowania, gdyż zaśmiecają środowisko naturalne.

Odpady z tworzyw sztucznych, gospodarka nimi, to już nie tylko problem lokalny, ale ogólnoświatowy. Na całym świecie obserwuje się nieustanny wzrost liczby odpadów materiałów polimerowych pochodzących z różnych gałęzi przemysłu i gospodarki. Najczęściej trafiają one na wysypiska śmieci. Problemem też jest ich długi okres rozkładu (degradacji) sięgający od kilkunastu do kilkuset lat. Na wysypiska trafiają tworzywa sztuczne w ilości od 3–10% całkowitej masy odpadów, co stanowi aż 30% cz. objętościowych składowiska. Powierzchnia wysypisk śmieci w Polsce systematycznie wzrasta, a tego typu odpady zajmują znaczącą powierzchnię [9, 12, 13].

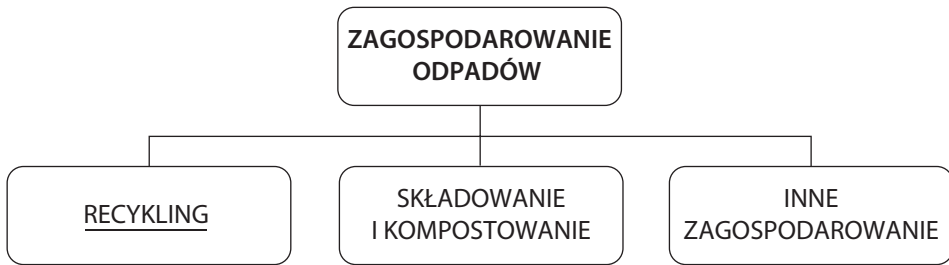
Również transport szynowy generuje odpady z tworzyw sztucznych, które powstają w wyniku zużycia się taboru szynowego, napraw i modernizacji, wymiany elementów, takich jak przekładki podszynowe, elektroizolacyjne wkładki dociskowe czy łubki poliamidowe.

O sile gospodarek krajów nowoczesnych, jak również o kulturze technicznej, świadczy fakt ponownego wykorzystywania surowców z odpadów, czyli poddanie materiału recyklingowi. Tego typu gospodarka odpadami przynosi korzyści materiałowe, ekonomiczne i ekologiczne [10, 12].

2. RECYKLING

Sprawy powtórnego wykorzystania materiałów i surowców pochodzących z odpadów lub maszyn i urządzeń, regulują odpowiednie przepisy prawne, zarówno krajowe [14, 17], jak i dokumenty i dyrektywy Unii Europejskiej, która w szczególności kładzie nacisk na sprawy związane z ekologią i dbaniem o środowisko naturalne [4, 5].

Na rysunku 2 przedstawiono podział zagospodarowania odpadów. Jest to utylizacja, która zgodnie z definicją jest zagospodarowaniem surowców odpadowych lub materiałów, które utraciły wartość użytkową w sposób nie stwarzający zagrożenia dla środowiska naturalnego i człowieka.



Rys. 2. Podział zagospodarowania odpadów (utyliczacji)

Ważnym elementem procesu utylizacji odpadów, głównie tworzyw sztucznych, jest ich powtórne wykorzystanie, czyli recykling – zgodnie z definicją zawartą w ustawie z dnia 27.04.2001 r. o odpadach – jest to nic innego, jak odzysk, który polega na powtórny przetworzeniu materiałów lub substancji zawartych w odpadach w procesie produkcyjnym, w celu uzyskania substancji lub materiału o przeznaczeniu pierwotnym lub o innym przeznaczeniu [3, 14]. Tworzywa sztuczne przeznaczone do ponownego wykorzystania oznacza się coraz powszechniej odpowiednim symbolem przedstawionym na rysunku 3.



Rys. 3. Oznaczenie materiałów przeznaczonych do recyklingu

Recykling dzieli się na kilka grup w zależności od sposobu wykorzystania odpadów:

- **recykling chemiczny** – obejmuje procesy, w których zużyte materiały są przetwarzane na inne substancje o różnych właściwościach fizykochemicznych niż pierwotnie, na przykład: wytwarzanie olejów opałowych z polimerów, wytwarzanie materiałów izolacyjnych z opakowań itd. [1, 3, 8];
- **recykling energetyczny** – polimery (tworzywa sztuczne lub inaczej materiały polimerowe) mają niejednokrotnie wyższą wartość opałową niż węgiel i są doskonałymi paliwami. Spalanie odpadów oraz wytwarzanie z nich paliw stałych, ciekłych i gazowych powoduje w konsekwencji produkcję i odzyskiwanie energii;

- **recykling surowcowy** – to ponowne przetwarzanie materiałów i wyrobów odpadowych do postaci surowców, z których te materiały zostały wytworzone;
- **recykling materiałowy** – materiały polimerowe są poddawane przetwórstwu, topnieniu lub rozpuszczaniu;
- **recykling organiczny** – rozkład biologiczny odpadów w kontrolowanych warunkach przy wykorzystaniu mikroorganizmów.

Tworzywa sztuczne stanowią około 10% odpadów stałych, w tym około 80% to poliolefiny (tworzywa takie jak polietylen czy polipropylen), 12% to polistyren, a 5% polichlorek winylu [13]. Podstawowym źródłem odpadów materiałów polimerowych jest przemysł opakowań, samochodowy, elektromaszynowy i budowlany [12, 13]. Korzyści jakie płyną ze stosowania recyklingu przedstawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Korzyści płynące z recyklingu

Zewnętrzne	Wewnętrzne
<ul style="list-style-type: none"> • ochrona środowiska naturalnego, • ochrona zasobów naturalnych, • estetyka środowiska, • organicznie obszarów wysypisk, • ograniczenie wydatków. 	<ul style="list-style-type: none"> • mniejsze koszty surowców, • odzysk materiałów, • mniejsze ilości zużycia energii, • mniejsze koszty z pozbyciem się odpadów, • korzyści finansowe.

W celu pełnego wykorzystania surowców, niezbędna jest odpowiednia segregacja poszczególnych materiałów, jak również segregacja tworzyw sztucznych. Można tu postawić pytanie: „Dlaczego?” Różnorodność tych materiałów pod względem chemicznym, jak i przetwórczym, nie pozwala wszystkim wrzucić do tak zwanego jednego koszyka. Segregacja materiałów, powoduje jeszcze pełniejsze wykorzystanie ich zalet. Na temat segregacji można byłoby poświęcić oddzielny artykuł, w niniejszej pracy jedynie zasygnalizowano ten problem.

3. MATERIAŁY POLIMEROWE STOSOWANE W TRANSPORCIE SZYNOWYM

3.1. Nawierzchnia kolejowa

W nawierzchni kolejowej występuje kilka materiałów polimerowych do konkretnych zastosowań. Najczęściej występującymi materiałami są:

- **polietylen dużej gęstości (HDPE)** – z którego wykonuje się płaskie przekładki podszynowe, dyble śrubowe oraz inne elementy izolacyjne,
- **poliuretany** – przede wszystkim wykonuje się z tego materiału przekładki podszynowe, płaskie oraz kształtowe, elementy tłumiące drgania, występuje również w kombinacji z innymi materiałami w postaci blend (mieszaniny polimerów),

- **poliamidy** – materiał konstrukcyjny przeznaczony na elektroizolacyjne wkładki do-ciskowe oraz łubki do łączenia szyn.

3.2. Tabor

Do budowy taboru kolejowego wykorzystuje się niemal wszystkie dostępne tworzywa sztuczne, od szerokiej gamy termoplastów przeznaczonych na różne elementy wyposażenia, do duroplastów, żywic chemo- i termo- utwardzalnych, jako elementy konstrukcyjne. Wymienianie tutaj wszystkich tworzyw i omawianie ich właściwości i przeznaczenia przekroczyłoby znacznie objętość niemniejszego artykułu. Dodać tylko należy, że wszystkie materiały tworzywowe powinny spełniać odpowiednie wymagania jakie stawia się materiałom stosowanym w transporcie szynowym, nie tylko wytrzymałościowe, ale i palnościowe z uwagi na ich łatwopalność. Ta cecha powoduje, że są one odpowiednio modyfikowane pod względem uzyskania właściwości trudnopalnych [9, 11].

3.3. Trakcja

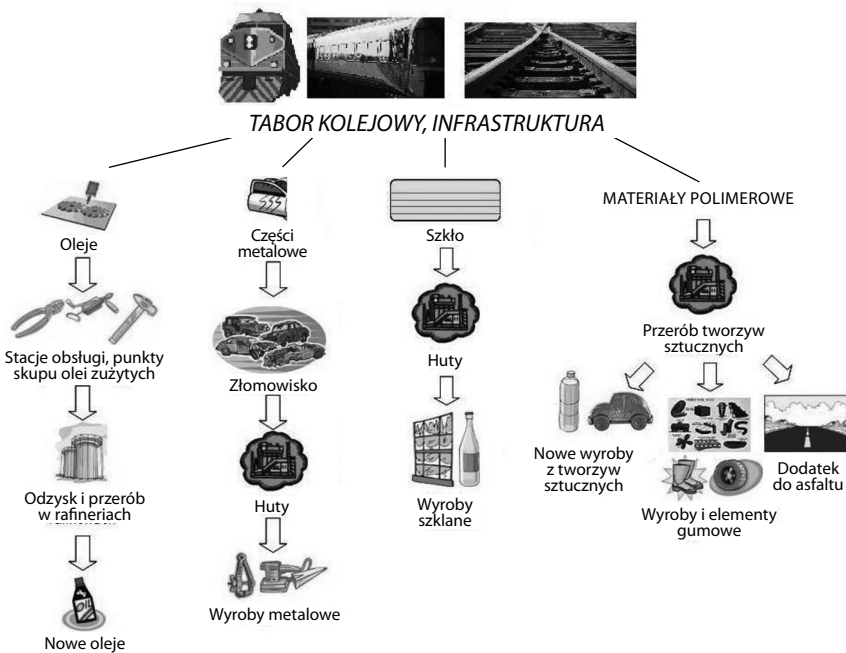
Trakcja kolejowa to przede wszystkim materiały polimerowe o dobrych właściwościach izolacyjnych, wytrzymałościowych oraz odpornych na działanie środowisk agresywnych. Zaliczmy do nich termoplasty modyfikowane pod względem wytrzymałości oraz szeroką grupę duroplastów (żywic chemo- i termo- utwardzalnych) [9, 18].

4. MOŻLIWOŚCI RECYKLINGU MATERIAŁÓW STOSOWANYCH W TRANSPORCIE SZYNOWYM

Wszystkie materiały stosowane w transporcie kolejowym można poddać powtórnemu wykorzystaniu, poczynając od elementów metalowych, wykonanych zarówno ze stali, jak i z metali nieżelaznych, poprzez materiały polimerowe, oleje i smary, a kończąc na tłuczniu z nasypów kolejowych [10]. Na rysunku 4 przedstawiono poglądowy schemat, w jaki sposób można wykorzystać materiały pochodzące z taboru kolejowego.

Poczynając od olejów i smarów pochodzących z wymian oraz napraw eksploatacyjnych, można je przeznaczyć na opał w piecach, ale bardziej ekologiczny jest ich zwrot do rafinerii, powtórne przetwórstwo i otrzymywanie nowych produktów o tych samych lub lepszych parametrach [6, 16].

Kolejna sprawa to części metalowe (tutaj temat powinien być jasno powiedziany), wszystkie elementy bezwzględnie muszą być zwracane do powtórnego przetwórstwa. Ceny surowców są na tyle wysokie, a ich koszt wytworzenia z rud jest procesem bardzo energochłonnym, więc nic nie stoi na przeszkodzie, żeby ponownie je wykorzystywać.



Rys. 4. Schemat wykorzystania surowców wtórnych pochodzących z taboru kolejowego [źródło: 1, 8, 9, 10, 11]

Podobnie ma się sprawa z elementami wykonanymi ze szkła. Należy jednak tutaj pamiętać o segregacji, tak by nie mieszać szkła kolorowego z białym, gdyż ze szkła kolorowego nie uzyskamy białego, w odwrotnym kierunku tak, szkło białe zawsze można zabarwić na dowolną barwę.

Tworzywa sztuczne tworzą jedną z największych grup materiałów pod względem ilościowym, które pochodzą zarówno z rozbiórki taboru, jak napraw i modernizacji. Każdy rodzaj materiałów polimerowych należałoby poddać procesowi segregacji tak, aby oddzielać je na odpowiednie grupy: termoplasty, duroplasty i gumę [6, 7, 13].

Materiały polimerowe można poddawać różnym procesom związanym z ich odzyskiwaniem. Najprostszy, to ponowne przetwórstwo. Większość materiałów z grupy termoplastów można wielokrotnie przetwarzać i ponownie wykorzystywać do produkcji nowych elementów i detali. Kolejną możliwością jest odzysk energii [3, 8, 16, 18, 19].

Polimery są materiałami łatwopalnymi i mogą stanowić paliwo do wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej. Odpady gumowe, które nie nadają się już do ponownego wykorzystania, służą jako paliwo w zakładach produkujących cement i inne materiały budowlane, po prostu spala się je w piecach. Rozdrobnione polimery (termoplasty i duroplasty) doskonale nadają się jako dodatek do mas bitumicznych stosowanych w budowie dróg lub do produkcji materiałów izolacyjnych i antyudarowych. Polimery to nic innego, jak chemiczne związki takich pierwiastków, jak węgiel, wodór, tlen oraz inne. Można z nich, w metodzie przetwórstwa termiczno-katalicznego otrzymywać olej opałowy i napędowy, aby również w ten sposób odzyskiwać energię [3].

5. PODSUMOWANIE

W chwili obecnej nie ma już dziedziny życia, w której nie mają zastosowania tworzywa sztuczne (przemysł opakowań, medycyna, elektronika, artykuły gospodarstwa domowego i transport, w tym kołowy i szynowy). Obecny stan naszej gospodarki oraz konsumpcyjny tryb życia generuje olbrzymie odpady oraz duże i stałe zapotrzebowanie na nowe materiały, technologie, konstrukcje i energię. Wszystko to nie pozostaje bez wpływu na nasze środowisko naturalne. Tabor szynowy oraz przemysł związany z transportem kolejowym, generują głównie odpady metalowe (złom), ale również materiały polimerowe, oleje i inne substancje. Ten obszar naszego życia również musi poddać się światowym trendom do odzysku materiałów zużytych, bądź wycofanych z eksploatacji. Transport szynowy jest źródłem cennych i niejednokrotnie drogich materiałów, które aż „proszą się” o powtórne wykorzystanie. Krajów o wysokiej kulturze technicznej nie stać na ciągle pozyskiwanie nowych energochłonnych materiałów.

Obecnie większość tworzyw sztucznych jest poddawana recyklingowi termicznemu lub zgazowaniu. Główny problem to różnorodność materiałów, dodatki do nich oraz występujące przeszkody ekonomiczne, szczególnie w krajach rozwijających się. Ważne jest, aby procesy recyklingu i odzysku materiałów były nieustannie doskonałe. Przyszłością mogą okazać się również polimery biodegradowalne [11], które będą się rozkładały pod wpływem oddziaływania środowiska naturalnego. W tym kierunku w ostatnich latach prowadzi się intensywne badania.

Niniejszy artykuł nie wyczerpuje problemu recyklingu materiałów stosowanych w transporcie szynowym, a jedynie sygnalizuje to zagadnienie i podaje temat pod dyskusję. Idealnym rozwiązaniem byłby pełen odzysk materiałów.

BIBLIOGRAFIA

1. Błędzki A.K. et al.: *Recykling materiałów polimerowych*. Red. A.K. Błędzki. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1997.
2. Czaja K.: *Poliiolefiny*. Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2005.
3. Dyrektywa 2000/62/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 10 października 2000 r. zmieniająca dyrektywę Rady 96/49/WE w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do kolejowego transportu towarów niebezpiecznych. *Dz.U. L 279 z 1.11.2000, str. 44–45. Polskie wydanie specjalne: Rozdział 07 Tom 005 P. 346–347.*
4. Dyrektywa 2006/12/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie odpadów. (Tekst mający znaczenie dla EOG). *Dz.U. L 114 z 27.4.2006, str. 9–21.*

5. Dyrektywa Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów. *Dz.U. L 182 z 16.7.1999, str. 1–19. Polskie wydanie specjalne: Rozdział 15 Tom 04 P. 228–246.*
6. Fabijański M.: *Palność materiałów polimerowych stosowanych w transporcie szynowym, opóźniacze palenia.* „Problemy Kolejnictwa”, 2009, nr 149.
7. Garbarski J.: *Materiały i kompozyty niemetalowe.* Warszawa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2010.
8. Kozłowski M. et al.: *Recykling tworzyw sztucznych w Europie.* Red. M. Kozłowski. Wrocław, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2006.
9. Kukulski J., Groll W.: *Nowoczesny tabor do przewozów międzyaglomeracyjnych.* „Problemy Kolejnictwa”, 2009, nr 148.
10. Moczarski M.: *Recykling pojazdów szynowych.* „Problemy Kolejnictwa”, 2007, nr 145.
11. Moraczewski A., Wiśniewski M., Wojtysiak J.: *Recykling odpadów i zużytków tekstylnych.* „Recykling”, 2006, nr 1, s. 16–18.
12. Nowak B., Pająk J., Łabużek S.: *Mechanizmy degradacji tworzyw sztucznych w środowisku. Cz. 1. Różnorodność procesów.* „Problemy Ekologii”, 2003, nr 2, s. 65–68.
13. Polaczek J., Machowska Z., Wilgosz Z.: *Konferencja pn. „Recykling Tworzyw Sztucznych”,* Wrocław, 1998, nr 75.
14. Polaczek J., Przybek P.: *Patent na PET.* „Recykling”, 2003, nr 9, s. 18.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19.12.2006 r. w sprawie dokumentów potwierdzających odrębnie odzysk i odrębnie recykling (Dz.U. 2006 nr 247 poz. 1816).
16. Skrzypek M.: *Postęp w zakresie ekologii zużytych opakowań z tworzyw sztucznych.* „Tworzywa Sztuczne i Chemia”, 2003, nr 5, s. 40–42.
17. Ustawa z dnia 27.04.2001 r. o odpadach (Dz.U. 2001 r., nr 62, poz. 628 z późniejszymi zm.).
18. Wool R.P., Peanasky J.S., Long J.M., Goheen S.M.: *Degradation mechanism in polyethylene. Strach blends.* „Degradable materiale”, ed. CRC Press 1990, Boston, 515–544.
19. Zieliński T.: *Spieniony polistyren modyfikatorem właściwości substancji bitumicznych.* „Tworzywa Sztuczne i Chemia”, 2003, nr 1, s. 32–35.
20. Żuchowska D.: *Polimery konstrukcyjne.* Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1995.