

Materiały niemetalowe w pojazdach szynowych – zastosowanie i recykling

Jolanta Maria RADZISZEWSKA-WOLIŃSKA¹

Streszczenie

W artykule opisano przyczyny małego zainteresowania recyklingiem pojazdów szynowych. Scharakteryzowano obecnie stosowane metody recyklingu tworzyw sztucznych oraz wybranych materiałów z surowców naturalnych (mechaniczne, materiałowe, biologiczne i energetyczne). Przedstawiono również wymagane działania prorecyklingowe. Podkreślono, że powodzenie recyklingu wymaga konieczności współdziałania w następujących sferach: społecznej, technologicznej, ekonomicznej, produkcji, środowiskowej oraz politycznej.

Słowa kluczowe: tworzywa sztuczne, recykling materiałowy, recykling surowcowy, odzysk energetyczny, obieg zamknięty gospodarki materiałowej, pojazdy szynowe

1. Wstęp

Rozwój gospodarki, przemysłu oraz wzrost liczby ludności generuje coraz większy popyt na surowce, co powoduje ogromny przyrost odpadów zanieczyszczających środowisko. Z tego względu, powtórne przetworzenie, czyli recykling, stało się priorytetowym zadaniem w krajach o dużym stopniu rozwoju przemysłowego, zarówno z punktu widzenia ochrony środowiska, jak i ekonomii produkcji [3].

Nowe akty prawne [6–10], dotyczące postępowania z odpadami, mają umożliwić przejście do gospodarki o obiegu zamkniętym w celu osiągnięcia wzrostu globalnej konkurencyjności i wspierania zrównoważonego wzrostu gospodarczego.

2. Zasady recyklingu

Zasadą działania recyklingu jest maksymalizacja ponownego wykorzystania materiałów odpadowych, z uwzględnieniem minimalizacji nakładów na ich przetworzenie, przez co chronione są surowce naturalne, które służą do ich wytworzenia oraz surowce służące do ich późniejszego przetworzenia. Recykling odbywa się w dwóch obszarach: produkcji i konsumpcji (obejmuje odpady poprodukcyjne i pokonsumpcyjne). Założenia recyklingu zakładają wymuszanie odpowiednich postaw producentów dóbr, sprzyjających

produkcji wyrobów, jak najbardziej odzyskiwalnych, czyli z możliwie najszerzym wykorzystaniem z nich materiałów podatnych na recykling. Niezbędne jest również tworzenie odpowiednich, prorecyklingowych zachowań u odbiorców tych dóbr. Recykling jest etapem systemu organizacji obiegu materiałów, które mogą być wielokrotnie przetwarzane [19].

3. Przyczyny relatywnie małego zainteresowania recyklingiem pojazdów szynowych

Do najważniejszych przyczyn stosunkowo małego zainteresowania recyklingiem pojazdów szynowych należy zaliczyć:

- długość cyklu życia całych pojazdów, wynosząca kilkadziesiąt lat (tabor szynowy jest zbudowany przede wszystkim ze stali, żeliwa i aluminium),
- duża złożoność konstrukcji pojazdów oraz różnorodność, a także liczba zastosowanych w nim materiałów – pracochłonny i czasochłonny demontaż całych pojazdów,
- występowanie w starych pojazdach materiałów, których stosowanie może być za kilkanaście lat zabronione oraz wprowadzanie nowych modyfikowanych materiałów – utrudnienie procedury recyklingu [23],

¹ Dr inż.; Instytut Kolejnictwa, Laboratorium Badań Materiałów i Elementów Konstrukcji; e-mail: jradziszewska-wolinska@ikolej.pl.

- brak obowiązujących przepisów prawnych dotyczących recyklingu taboru.

Pojazdy szynowe podlegają również naprawom i modernizacjom, w których występuje mniejsza liczba wyselekcjonowanych elementów podlegających wymianie, co powinno ułatwiać świadome ich zagospodarowanie. Stwierdzenie to dotyczy przede wszystkim materiałów z tworzyw sztucznych oraz materiałów z surowców naturalnych, które w pojazdach mają najkrótszą żywotność i w związku z tym są najczęściej demontowane.

4. Materiały niemetalowe w pojazdach szynowych

Ekspansja tworzyw sztucznych w pojazdach szynowych rozpoczęła się w latach sześćdziesiątych XX wieku. Nowe materiały, produkowane z wykorzystaniem syntetycznych, naturalnych lub modyfikowanych polimerów, stawały się coraz bardziej popularne, ze względu na możliwość zmniejszenia masy pojazdów, umożliwiającej zwiększenie prędkości jazdy i tym samym obniżenie kosztów operacyjnych. Jednocześnie łatwość formowania nowych materiałów wpłynęła na rozwój projektowania pociągów z uwzględnieniem ergonomii i estetyki, co zwiększyło komfort podróżowania. Obecnie, tworzywa sztuczne w pojazdach szynowych, stosuje się między innymi jako: wyłożenia ścian i sufitów, foteli, materiałów izolacyjnych, wyposażenia elektrycznego. Drugą istotną grupę materiałów niemetalowych, stosowanych w pojazdach szynowych, stanowią bardziej lub mniej modyfikowane surowce naturalne, takie jak: drewno, korek, skóra, wełna używane do produkcji wyrobów włókienniczych (obicie foteli, zasłonki, dywany) [13].

Łączna masa wymienionych materiałów systematycznie rośnie i aktualnie waha się od 1700 do 3500 kg (w zależności od typu pojazdu), co stanowi około 10% masy wagonu / jednostki. Te materiały muszą mieć określone właściwości funkcjonalne w zakresie bezpieczeństwa pożarowego [20, 22], które są jednym z niezbędnych wymagań do uzyskania dopuszczenia pojazdu do eksploatacji.

Z drugiej strony, w świetle podejścia ukierunkowanego na przejście do gospodarki o obiegu zamkniętym, ważne jest rozwijanie, już na etapie projektowania nowych produktów, ich metod zagospodarowania po zakończeniu ich funkcjonowania.

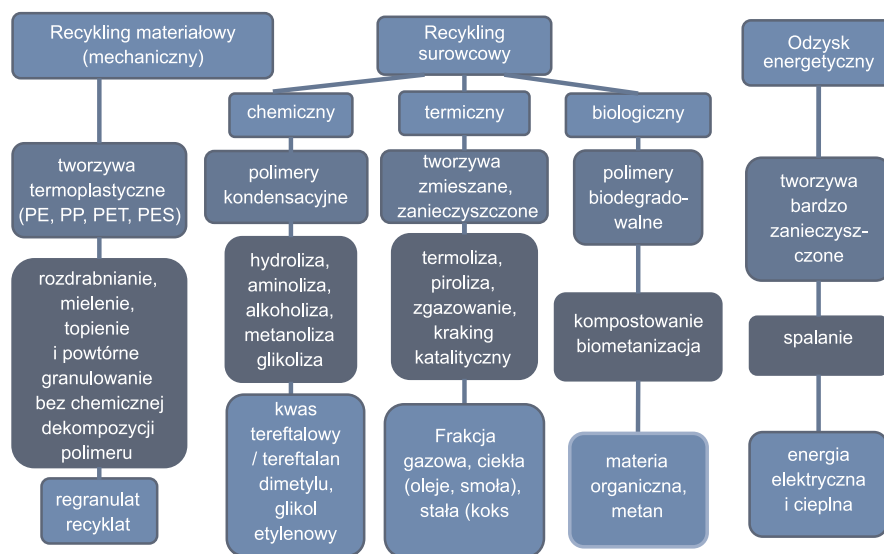
W obecnie eksploatowanym taborze pasażerskim stosuje się następujące materiały niemetalowe [14]:

- ściany i sufity: laminaty papierowo-fenolowe, laminaty poliestrowo-szklane, poliwęglany, drewno i wyroby drewnopochodne, korek,
- podłogi: drewno i wyroby drewnopochodne, korek, laminaty poliestrowo-szklane, polichlorek winylu, kauczuk chloroprenowy, kauczuk etylenowo-propylenowy, wykładziny dywanowe (poliamid, polipropylen, włókno poliestrowe),
- siedzenia: pianki poliuretanowe i melaminowe, tkaniny (poliakrylowe, poliestrowe, wełna z poliuretanem lub poliamidem), obudowy (laminaty, poliwęglany, sklejki modyfikowane),
- stoliki: laminaty, poliwęglan, sklejki modyfikowane,
- zasłonki / rolety: bawełna, trewira, poliestery,
- elementy konstrukcyjne: sklejka, wzmocnione laminaty, nanokompozyty, kevlar (włókno aramidowe),
- izolacje i uszczelnienia: modyfikowane pianki poliuretanowe i melaminowe, acetatoceluloza, kauczuk chloroprenowy, filc, guma, silikon,
- instalacje elektryczne:
 - klosze oświetleniowe: poli(metakrylan metylu), poliwęglan,
 - izolacje kabli: poli(chlorek winylu), polietylen, polipropylen, poliolefiny sieciowane radiacyjnie, guma,
 - rury i kanały osłonowe: modyfikowany poliamid,
 - obudowy: laminaty epoksydowo-szklane,
- zbiorniki (np. na wodę): polipropylen,
- przejścia międzywagonowe: guma, poliestr, kauczuk, tkaniny gumowane.

5. Metody recyklingu

Rozróżnia się przedstawione na schemacie (rys. 1), następujące rodzaje recyklingu:

1. **Materiałowy (mechaniczny)** – najbardziej popularna forma recyklingu. Polega na mechanicznym rozdrabnianiu posegregowanych i oczyszczonych zużytych tworzyw sztucznych do postaci regranulatu (recyklatu), nadających się do ponownego przetworzenia. Struktura chemiczna pozostaje praktycznie niezmienną. Recyklingowi mechanicznemu można poddać wszystkie rodzaje tworzyw termoplastycznych bez pogorszenia właściwości materiału. Otrzymany wyrób ma zazwyczaj inne przeznaczenie niż pierwotny. Odpowiedni dobór komponentów, umożliwia przetworstwo materiałów wtórnych z dużą wydajnością, przy zachowaniu wyrobów dobrej jakości [18, 21].
2. **Surowcowy (chemiczny lub termiczny)** – polega na odzyskiwaniu surowców użytych do produkcji danego wyrobu. Surowce mogą być ponownie wykorzystane do wytworzenia pełnowartościowych tworzyw, a odpady powstałe w wyniku tej metody mogą stanowić domieszkę do paliw i smarów. Podstawową zaletą tej metody jest możliwość przeróbki tworzyw bez uprzedniej ich segregacji, natomiast stosowanie skomplikowanych instalacji,



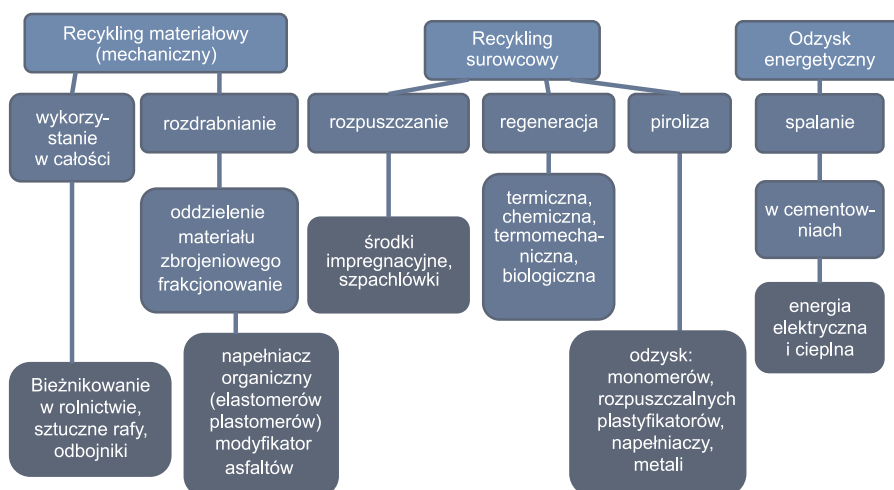
Rys. 1. Metody recyklingu tworzyw sztucznych; opracowanie własne na podstawie [18, 21]

wysokiej temperatury, ciśnienia, katalizatorów oraz ścisła kontrola parametrów powodują ograniczenia w upowszechnianiu tej grupy metod recyklingu [18]. Może on być prowadzony:

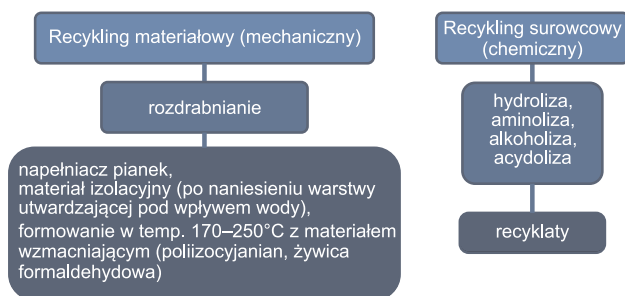
- metodami chemicznymi: **hydroliza** – rozkład, np. PET pod wpływem wody pod ciśnieniem i w wysokiej temperaturze; **metanololiza** – rozkład polimeru na gorąco pod ciśnieniem za pomocą metanolu; **glikoliza** – rozkład tworzywa przez ogrzewanie go razem z glikolem,
- metodami termicznymi: **piroliza** – termiczny rozkład substancji organicznych bez dostępu tlenu w temperaturze 300–600°C; **zgazowanie** – przekształcenie odpadów w obecności niewystarczającej do całkowitego spalania ilości utleniacza, w temperaturze 1350–1600°C i przy ciśnieniu około 15 MPa; **hydrokraking** – uwodornieniem makrocząsteczek polimerów w podwyższonej temperaturze (około 425°C) [21],

- metodami biologicznymi: rozkład tworzyw biodegradowalnych w warunkach tlenowych (kompostowanie) lub beztlenowych przy wykorzystaniu mikroorganizmów (biometanizacja) [2].
3. **Odzysk energetyczny** – polega na spalaniu odpadów i częściowym odzyskaniu energii zużytej na wytworzenie pierwotnych wyrobów. Proces jest stosowany do odpadów bardzo zanieczyszczonych, trudnych do poddania recyklingowi, jednak ze względu na ograniczanie emisji dwutlenku węgla do atmosfery odchodzi się od tej technologii [12].

Przykłady zastosowania opisanych metod do ponownego wykorzystania różnych rodzajów wyrobów niemetalowych, opracowane na podstawie [4, 5, 11, 17, 18, 21], przedstawiono na schematach (rys. 2–5). Należy zaznaczyć, że wybór metody recyklingu zależy od stopnia zanieczyszczenia oraz od wielkości strumienia odpadów [1–3, 12, 16, 18, 21].



Rys. 2. Metody recyklingu tworzyw sztucznych – guma; opracowanie własne na podstawie [17]



Rys. 3. Metody recyklingu tworzyw sztucznych – odpady poliuretanowe; opracowanie własne na podstawie [4]



Rys. 4. Metody recyklingu tekstyliów; opracowanie własne na podstawie [11]



Rys. 5. Metody recyklingu złomu drzewnego; opracowanie własne na podstawie [5]

6. Działania prorecyklingowe

Wdrożenie recyklingu we wszystkich obszarach gospodarki, w tym również w pojazdach szynowych, wymaga działań sprzyjających jego rozwojowi [3]. Przede wszystkim wymagane są następujące działania:

- właściwa polityka ustawodawcza państwa, sprzyjająca recyklingowi,
- rozwój technologii przetwarzania odpadów, przede wszystkim w celu wykorzystania jak największej ich części,
- projektowanie wyrobów z możliwie najszerzym wykorzystaniem w nich materiałów podatnych na recykling,
- projektowanie wyrobów możliwie jednorodnych materiałowo, co upraszcza ich późniejszy demontaż i segregację odpadów,

- projektowanie wyrobów będących połączeniem różnych materiałów w taki sposób, aby ich późniejsze rozdzielanie na elementy zbudowane z jednorodnych materiałów było maksymalnie ułatwione,
- projektowanie wyrobów w taki sposób, aby jak najwięcej ich części składowych nadawało się do powtórnego wykorzystania bez przetwarzania lub przy minimalnych nakładach na doprowadzenie do postaci pełnowartościowej,
- opracowanie systemu oznaczania zarówno produktów, jak i części składowych tych produktów, w celu ułatwienia rozpoznawania i segregacji odpadów.
- edukacja proekologiczna oraz promowanie i organizacja zachowań proekologicznych,
- logistyka sortowania, gromadzenia i odbioru zużytych dóbr oraz ich elementów składowych,
- przetwarzanie (uprzednio przygotowanych) odpadów i odzyskiwanie z nich surowców.

7. Podsumowanie

Wyroby niemetalowe wchodzące w skład pojazdów szynowych, przeznaczonych do likwidacji, stanowią istotną masę materiałów nadających się do powtórnego wykorzystania, jak również odpadów zagrażających środowisku. Powinny one być przedmiotem profesjonalnego recyklingu i / lub bezpiecznej utylizacji. Przejście do gospodarki o obiegu zamkniętym w całym obszarze transportu szynowego, wymaga wprowadzenia wielu zmian w podejściu do organizacji i zarządzania, a także projektowania pojazdów na wszystkich jego etapach. Przede wszystkim, już przy opracowywaniu wyrobów przeznaczonych do stosowania w taborze szynowym, jest niezbędne uwzględnianie dwóch zasad [3]:

- **czystych technologii**, z bardziej oszczędnym wykorzystaniem zasobów naturalnych,
- **design for recycling** (projektowanie pod recykling), aby wprowadzenie na rynek tych wyrobów, zastosowanie i końcowe usuwanie miało minimalny wpływ na generowanie odpadów i ich szkodliwość.

Powodzenie w obszarze recyklingu wymaga więc konieczności współdziałania w następujących sferach: społecznej, technologicznej, ekonomicznej, produkcyjnej, środowiskowej oraz politycznej.

Literatura

1. Cheul-Kyu L. and others: *Assessing environmentally friendly recycling methods for composite bodies of railway rolling stock using life-cycle analysis*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, ELSEVIER, Volume 15, Issue 4, June 2010, pp. 197–203.

2. *Co to jest recykling odpadów opakowaniowych?* Dostępny na WWW http://www.opakowania.biz/artykuly,75725,1,Co_to_jest_recykling_odpadow_opakowaniowych [dostęp 18.05.2018 r.].
3. Czarnecka-Komorowska D.: *Tendencje w recyklingu tworzyw sztucznych*, prezentacja na Targi EPLA, Poznań, 2010.
4. Czupryński B. i inni: *Zagospodarowanie odpadów sztywnych pianek poliuretanowo-poliizocyanuranowych w wyniku ich alkoholizy połączonej z aminolizą*, Polimery 2002, 47, nr 2.
5. Danecki L.: *Potencjał recyklingowy zużytych mebli*, Recykling, 2007, z. 9.
6. Directive 2000/53/EC on End-of-Life Vehicles (ELV).
7. Directive 2002/95/EC on the Restriction of hazardous substances in electrical and electronic equipment (RoHS).
8. Directive 2002/96/EC on Waste Electric & Electronic Equipment (WEEE).
9. Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste (P&PW).
10. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów, *Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym*, Komunikat KE COM(2015) 614 final; 2.12.2015 r.
11. Moraczewski A., Wiśniewski M., Wojtysiak J.: *Recykling odpadów tekstylnych za pomocą technik włókninowych*, Problemy Eksploatacji, 2007 z. 1.
12. Pikoń K., Bogacka M.: *Gospodarowanie odpadami a odzysk energii*, Napędy i sterowanie, dostępny na WWW: http://nis.com.pl/userfiles/editor/nauka/042016_n/Bogacka.pdf [dostęp 30.05.2018 r.].
13. Radziszewska-Wolińska J., Zienkiewicz-Gałąj B., Milczarek D.: *Plastics development In Rolling Stock*, Proceedings INMAT 2005, Gdańsk 2005, s. 207–216.
14. Radziszewska-Wolińska J.M., Milczarek D.: *Uniepalnienie materiałów niemetalowych a ich właściwości funkcjonalne*, tts Technika Transportu Szynowego (11–12)/2012, s. 56–59.
15. Recyclability and Recoverability Calculation method railway rolling Stock, UNIFE Sustainable Transport Committee, Topical Group: Life Cycle Assessment, WWW: <http://unife.org/component/attachments/?task=download&id=326> [dostęp 01.03.2018].
16. *Recykling i odzysk energii*, dostępny na WWW: <https://www.plasticseurope.org/pl/focus-areas/circular-economy/zero-plastics-landfill/recycling-and-energy-recovery> [dostęp 30.05.2018 r.].
17. *Recykling mechaniczny odpadów gumowych oraz własności wytrzymałościowe produktów*, Katedra Technologii Polimerów Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2013.
18. *Recykling surowcowy*, dostępny na WWW: <https://www.recyklingorganizacjaodzysku.com/recykling-surowcowy/> [dostęp 30.05.2018 r.].
19. *Recykling*, dostępny na WWW: <https://pl.wikipedia.org/wiki/Recykling> [dostęp 30.05.2018 r.].
20. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 27 grudnia 2012 r. w sprawie wykazu właściwych krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwia spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności systemu kolei, Dz.U. 2013 z dnia 10 stycznia 2013 r., nr 0 poz. 43.
21. Siedlecka E.M.: *Recykling tworzyw sztucznych*, – Wykład 4, Wydział Chemii UG, Gdańsk.
22. TSI Loc&Pas nr 1302/2014: Rozporządzenia Komisji (UE) nr 1300/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie technicznej specyfikacji interoperacyjności odnoszącej się do podsystemu „Tabor – lokomotywy i tabor pasażerski” systemu kolei w Unii Europejskiej.
23. Wojciechowski A., Merkiś-Guranowska A., Moczarski J., Dyduch J.: *Gospodarka zamkniętego obiegu na kolei*, Prezentacja na konferencji ART 2016 „Najnowsze technologie w transporcie szynowym”, Warszawa, 9–10.11.2016 r.